



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

PEKKA KUJANSUU
RAKENTAMISEN AIKATAULUTUKSEN KEHITYSMAHDOLLISUU-
DET TAHTIMENETELMIEN AVULLA

Diplomityö

Tarkastajat: Professori Nina Helander
TkT Pasi Hellsten
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
6.8.2018

TIIVISTELMÄ

PEKKA KUJANSUU: Rakentamisen aikataulutuksen kehitysmahdollisuudet tahtimenetelmien avulla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 68 sivua, 7 liitesivua

Marraskuu 2018

Tietojohtamisen diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Tiedon ja osaamisen hallinta

Tarkastajat: Professori Nina Helander ja TkT Pasi Hellsten

Avainsanat: tahti, tahtimenetelmät, tietojohtaminen, tuottavuus

Tämä työ käsittelee rakennusprojektien aikataulutuksen kehitysmahdollisuuksia tahtimenetelmien avulla Skanska Oy:ssä. Aikataulutuksen kehitysmahdollisuuksia varten tutkittiin rakennusalan ja kohdeorganisaation aikataulutuksen nykytilaa ja siihen liittyvää tietämyksen hallintaa. Lisäksi tutkittiin muilta toimialoilta ja ulkomailla rakennusosalalla käytettyjen tahtimenetelmien käyttömahdollisuutta kohdeorganisaation toimintatapojen kehittämisessä.

Tutkimuksessa käytettiin pohjana kirjallisuustutkimusta, jossa keskityttiin aihepiiriin sisällä jo tehtyihin tutkimuksiin. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta rakennettiin kohdeorganisaation sisällä tehtävään haastattelututkimukseen kysymysrunko ja tahtimenetelmien yleisesittely. Haastattelututkimuksen jälkeen kohdeorganisaation sisällä suoritettiin työmaahavainnointi kohteessa, jossa käytettiin tahtimenetelmien kaltaisia toimia. Näiden tietojen ja haastatteluista nousseiden kysymysten kanssa tutkimusta jatkettiin havainnointimatalla Kaliforniaan, jossa tutustuttiin yhteen kirjallisuustutkimuksessakin esiin nousseen yrityksen ja yliopiston toimintatapoihin haastatteluiden ja toiminnan havainnoinnin kautta.

Havainnointimatkalta saatujen vastausten ja tutkimuksen kirjallisuustutkimuksen aikana opittujen menetelmien osaamisen vahvistaminen käytännössä loivat pohjan kohdeorganisaation pyrkimyksille kehittää rakennushankkeiden aikataulutusta ja tuottavuutta tahtimenetelmien avulla.

Tutkimuksen tuloksena organisaation toimintatavoissa löydettiin kehitysmahdollisuuksia aikataulutuksen ja siihen liittyviin toimiin tahtimenetelmien avulla. Tahtimenetelmien avulla kohdeorganisaatiolle luotiin tuotannonohjausta varten uusi prosessimalli, jota tullessaan käyttämään kohdeorganisaation projektien aikataulutuksen kehityksen pohjana ja sisäisten toimintojen yhdistämisessä.

ABSTRACT

PEKKA KUJANSUU: The Development Possibilities of Scheduling in Construction Projects with Takt Methods

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 68 pages, 7 Appendix pages

November 2018

Master's Degree Programme in Information and Knowledge Management

Major: Knowledge Management

Examiner: Professor Nina Helander & D.Sc. (Tech.) Pasi Hellsten

Keywords: Takt, Takt Methods, Knowledge Management, Productivity

This Thesis discuss the development possibilities of scheduling in construction projects with Takt Methods inside the company Skanska Oy. The development possibilities were studied by finding out the current state of scheduling inside the case company and the use of knowledge management inside the construction industry in general with the connection to scheduling. The use of Takt Methods on foreign countries were also examined from the perspective of other industries and the construction industry.

The Thesis consists of literature review, which was used to gain knowledge about the subject matter from previous researches. The literature review was used as a groundwork for the interview study inside the case company. After the interview study, an observation was proceeded inside the case company in a project that was using Takt Methods like of procedures. With the use of the results and new questions risen from these previous research methods, an observation trip was made to California to gain better knowledge by means of interviews and observations about the use of Takt Methods inside a company and University known from the literature review.

The answers from the observation trip and the knowledge gathered from the literature review among the other research procedures created a prosperous proving ground for the case company to develop the scheduling of construction projects and productivity via Takt Methods.

As a result, from the research there were findings of possible improvement opportunities among construction project scheduling and processes supporting it with the use of Takt Methods. With the use of Takt Methods a new process model for production control was made for the company. The new process model will be used as development foundation for construction project scheduling and the integration of internal processes.

ALKUSANAT

Kuten Dwight D. Eisenhower sanoi vuonna 1957: ”Suunnitelmat ovat turhia, mutta suunnittelu on kaikki kaikessa.” Niin myös tämän diplomityön alkuperäinen suunnitelma ja todellinen lopputulos eroavat toisistaan. Lopputulokseen pääseminen kuitenkin vaati jatkuvaa intensiivistä suunnittelua ja eteenpäin katsomista, ja vaikka diplomityö onkin nyt valmis, niin työ rakennusalan kehittämisen parissa on omalta osaltani vasta alkamassa.

Haluan kiittää diplomityöni ohjaajia professori Nina Helanderia ja TkT Pasi Hellsteniä ohjauksesta, rakentavista kommenteista ja parannusehdotuksista. Haluaisin myös kiittää Skanska Oy:n kehitysjohtaja Ilkka Romoa, joka ehdotti minulle tätä diplomityön aihetta ja työn ohjaajaa kehityspäällikkö Antti Taloa työn aikana saadusta tuesta ja rakentavista keskusteluista sekä kaikkia Skanskalaisia, jotka osallistuivat jollain tapaa työhöni. Haluan myös erikseen kiittää Aalto-yliopiston professoria Olli Seppästä, joka mahdollisti yhdessä Visio 2030-hankkeen kanssa tutkimuksen aikana tehdyn havainnointimatkan Kaliforniaan.

Erityskiitokset kuuluvat perheelleni ja tulevalle vaimolleni Liisalle, joita ilman opintapaleeni olisi varmasti näyttänyt kovin erilaiselta. Kiitos myös Tampereen Teknilliselle Yliopistolle, jota me kaikki jäämme kaipaamaan.

Helsingissä 16.11.2018

Pekka Kujansuu

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TOTEUTUS	3
2.1	Tutkimuskysymykset ja rajaukset	3
2.2	Tutkimusote ja menetelmät	4
2.3	Tutkimuksen rakenne	5
3.	PROJEKTIN AIKATAULUTUKSEN JA TIETOTARPEIDEN HAASTEET	7
3.1	Projektin aikataulutus	7
3.2	Sidosryhmien välinen riippuvuus	9
3.3	Tietämyksen hallinta	11
4.	RAKENTAMISEN TUOTTAVUUDEN KEHITYS JA TAHTIMENETELMÄT	16
4.1	Lean-filosofia rakentamisessa ja sen kehitys	16
4.2	Tahtimenetelmät	19
4.2.1	Takt Time Planning	20
4.2.2	Takt Planning ja Takt Control	23
4.2.3	Tahtimenetelmien mahdollisuudet ja toimivuuteen vaikuttavat tekijät	26
5.	EMPIIRINEN TUTKIMUS	31
5.1	Haastattelututkimus kirjallisuustutkimuksen pohjalta	31
5.1.1	Haastattelurungon rakentaminen	31
5.1.2	Haastattelututkimuksen otanta	33
5.1.3	Haastatteluiden analysointi	34
5.1.4	Haastatteluiden yhteenveto ja tulokset	34
5.2	Yksittäiset tapaustutkimukset	39
5.2.1	Tapaus: As Oy Puistovahti	40
5.2.2	Tapaus: DPR Construction Inc.	42
5.2.3	Tapaus: Asiantuntijat	51
6.	YHTEENVETO	54
6.1	Tulokset ja pohdinta	54
6.2	Tutkimuskysymykseen vastaaminen	57
6.3	Työn arviointi	59
6.4	Jatkotutkimuskohteet	60
	LÄHTEET	61

LIITE A: Tahtimenetelmät pähkinänkuoressa

LYHENTEET JA MERKINNÄT

2D-malli	Kaksiulotteinen malli, kuten paperilla oleva suunnitelma
3D-malli	Kolmiulotteinen malli, joka pitää sisällään kolmannen ulottuvuuden (ks. BIM-malli)
4D-malli	Neljäulotteinen malli, joka pitää vielä sisällään mahdollisuuden simulaatioille (ks. BIM-malli)
ARK-suunnittelu	Arkkitehtisuunnittelu
BIM-malli	Building Information Model, rakennuksen tai sen osan tietomalli, joka yhdistää esim. ARK-, LVISA- ja RAK-suunnitelmien tiedot.
IPD TM	Integrated Product Delivery – Allianssi-tyylinen projektinjohtomalli
LCI	Lean Construction Institute, rakennusala kehittävä yhteisö
LPS TM	Last Planner System, tuotannonohjauksen työkalu
LVISA-suunnittelu	Lämpö-, vesi-, ilma-, sähkö- ja automaatiosuunnittelu
RAK-suunnittelu	Rakennetekninen suunnittelu
TPS	Toyota Production System, Toyotan tuotannonohjaussysteemi
TTP	Takt Time Planning, Kaliforniassa käytössä olevan tuotannonohjauksen ja –suunnittelun prosessimallin nimi, joka hyödyntää tahti-menetelmiä

1. JOHDANTO

Rakennettu ympäristö on maailmalla, kuten myös Suomessa, erittäin merkittävä osa yksittäisen valtion kansallisvarallisuutta. Pelkästään Suomessa rakennettu ympäristö pitää sisällään n. 70 % koko kansallisvarallisuudestamme. Rakentaminen kattaa myös välittömästi ja välillisesti n. 20 % koko Suomen työllisyydestä ja on siten suurin työllistävä klusteri. (Rakennustieto 2018) Rakentaminen on alana herkkä suhdannevaihteluille ja se on kärsinyt vuosien saatossa heikoista suhdanteista, jotka ovat vaikuttaneet työvoiman tarpeeseen alalla vuoroin ylitarjontana tai työvoimapulana. (Rakennuslehti 2016) Rakentamiseen tuottavuuteen liittyvät kysymykset ovat usein nousseet pintaan korkeasuhdanteiden aikana ja samalla nostaneet yritysten halua kehittää toimintaa. Suhdannevaihteluiden syklisyys on kuitenkin asettanut haasteita jatkuvalle kehittämiselle, joka on usein jäänyt taka-alalle silloin, kun rakentamisen kysyntä on alkanut hiipua (Mölsä 2016.) Vaikuttaa siltä, että juuri silloin kun suhdanteet ovat alhaalla ja uusia sekä tehokkaampia toimintatapoja tarvittaisiin, niiden kehittäminen lopetetaan ja siitä vastaavat ihmiset siirretään muihin töihin tai kokonaan pois. Toisaalta taas silloin, kun ollaan noususuhdanteessa, kehitys aloitetaan uudelleen, joko siitä tilanteesta mihin jäätiin tai täysin puhtaalta pöydältä uusien henkilöiden toimesta. Pahimmassa tapauksessa uudet henkilöt kehittävät samaa pyörää kuin edellisetkin samassa tilanteessa olleet kehittäjät.

Rakennusalan kehityksen aaltoilu Suomessa selittyy myös vahvasti suhdanteiden aiheuttamista poikkeusoloista, jolloin suuria suomalaisia rakennusalan toimijoita on joko kaatunut tai myyty ulkomaiseen omistukseen, kuten Mölsä (2016) painottaa 1990-luvun laman tuomista muutoksista suomalaiseen rakennuskenttään. Lamasta kärsivä Suomi lopetti rakennusmestareiden koulutuksen ja aloitti insinöörien muuntokoulutuksen IT-alan tarpeiden täyttämiseksi 1990-luvulla, mikä näkyy 2000- ja 2010-luvun osaajapulan sekä kehityksen puutteena. (Mölsä 2016) Suomessa on rakennusala viime vuosina kärsinyt uusia innovaatioita tuovien nuorten osaajien pulasta, jota on osittain perusteltu rakennusalan huonon maineen ja matalan kehitysasteen vuoksi. (Kivistö 2018) Rakennusala tuntuu liian isolta toimialalta yksittäisen valtion tai toimijan kehitettäväksi ja tämä asia on tiedostettu alati kasvavien rakennusalan kansainvälisten verkostojen sisällä. (LCI 2017)

Suomessa kuten myös muualla maailmassa ollaan lähinnä yksittäisten henkilöiden toimesta kuitenkin määrätietoisesti jatkettu rakennusalan kehitystä. Erityisesti sen tuottavuuteen liittyviä kysymyksiä on nostettu esiin alati laajentuneiden verkostojen avulla ympäri maailmaa. Suurimpana toimijana voidaan mainita riippumaton yleishyödyllinen yhdistys LCI (Lean Construction Institute), joka on 90-luvun alusta lähtien pyrkinyt tutki-

maan ja edistämään rakennusalan kehitystä ympäri maailmaa ja erityisesti Pohjois-Amerikassa sekä Euroopassa (LCI 2017.) LCI on mahdollistanut aktiivisella toiminnallaan kansallisesti hyväksi todettujen toimintatapojen siirtämisen yli yritys- ja valtiorajojen.

Tässä tutkimuksessa pyritään hyödyntämään eri toimijoiden kuten yliopistojen ja kohdeorganisaation sekä muiden rakennusalan toimijoiden tietämystä. Kohdeorganisaationa työssä toimii Skanska Oy, joka tilasi tämän diplomityön tukemaan yhtiön osallistumista Visio 2030-hankkeeseen. Visio 2030 on Aalto-yliopiston koordinoima hanke, jonka tarkoituksena on lisätä rakennusalan luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä uudistamalla johtamiskäytäntöjä sekä ottamalla käyttöön uusia prosessiopeja ja digitaalisia työkaluja niin muilta aloilta kuin myös uusien innovaatioiden kautta. (Aalto 2017) Skanska kuuluu myös Visio 2030-konsortion ohjausryhmään, jossa Skanskan toimitusjohtaja toimii toimitusjohtajaryhmän puheenjohtajana.

Kohdeorganisaatio Skanska Oy on osa kansainvälisesti merkittävää Skanska AB konsernia, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1887, jolloin ruotsalainen R. F Berg perusti Skånska Cementgjuteriet-nimisen yrityksen Etelä-Ruotsiin. Berg onnistui kasvattamaan aluksi Skånen alueella toimineen yrityksen kymmenessä vuodessa kansainvälisillä markkinoilla toimivaksi yritykseksi. 1900-luvun alussa Skanskalla oli suuri rooli Ruotsissa infrastruktuurin rakentajana ja 1950-luvun puolivälissä yrityksellä oli merkittävää liiketoimintaa Etelä-Amerikassa, Afrikassa ja Aasiassa. Skanska listautui Tukholman pörssiin vuonna 1965, jonka jälkeen yritys kasvoi entisestään ja vuonna 1971 Skanska aloitti liiketoiminnan Yhdysvalloissa. Vuonna 1984 yritys otti viralliseksi nimeksi Skanskan, joka oli jo vakiintunut yrityksen kansainvälisessä toiminnassa ja, joka oli Skånska Cementgjuteriet-nimeä kuvaavampi kasvaneen ja monipuolistuneen liiketoimintakentän vuoksi. Skanska perusti tytäryhtiö Skanska Oy:n Suomeen vuonna 1994, joskin Skanskalla on ollut toimintaa Suomessa 1900-luvun alusta lähtien infrastruktuurin rakentajana (Skanska 2017.)

Tänä päivänä Skanska on maailmanlaajuisesti merkittävä rakennus – ja projektinkehityspalveluita tarjoava yritys, joka toimii valikoidulla kotimarkkina-alueilla Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Skanskan tavoitteena on olla asiakkaidensa ensisijainen valinta mm. ympäristötehokkaassa rakentamisessa (Skanska 2018.) Skanska sijoittui vuonna 2017-2018 opiskelijoille järjestetyssä kyselyssä rakennusalan ihannetyöntantajaksi Suomessa sekä kaikkien teollisuuden alojen listauksessa sijalle viisi. (Universum 2018) Skanskan pitkän ja menestyksekkään historian jatkumona Skanska pyrkii edelleen olemaan mukana muuttuvassa maailmassa ja kehittämään rakennusalaan kohti tulevaisuutta. Osittain näiden syiden ja Aalto-yliopiston Professorin Olli Seppäsen tutkimustyön ohjaamana, diplomityöni toimeksiannon tarkoituksella muodostui tarve tutkia rakennusalan kehitysmahdollisuuksia Lean-filosofiaan¹ vahvasti kytköksissä olevan tahtiaikataulutuksen ja siihen liittyvien menetelmien soveltamisen avulla.

¹ Lean-filosofiolla tarkoitetaan yleisesti prosessin sujuvoittamista hukkan esiin nostamisella ja tämän jälkeen vähentämisellä (Liker 2004.)

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TOTEUTUS

Diplomityöni on osa Visio 2030-hankkeen sisälle luodun *Tahti tuotannossa ja suunnittelussa*-työryhmän tavoitetta löytää rakennusosalalle uusia toimintatapoja perustuen kansainvälisiin vertailuihin rakennusosalalta sekä muiden teollisuudenalojen toimintatavoissa. (Aalto 2017) Työryhmän sisällä tehtiin samaan aihepiiriin liittyen kolme muutakin diplomityötä, jotka tehtiin A-Insinöörit Oy:lle, YIT Oyj:lle ja SRV Rakennus Oy:lle.

2.1 Tutkimuskysymykset ja rajaukset

Varsinaista tutkimuskysymystä mietittäessä aihetta pyrittiin rajaamaan siten, että se toisi tilaajaorganisaatiolle mahdollisimman paljon konkreettista hyötyä. Tutkimuksen tarkoituksena on auttaa yhtiötä saamaan kuva tahtimenetelmien hyödyntämisestä rakennusprojekteissa sekä antaa tietoa mahdollisista muutostarpeista rakennusprojektin eri vaiheissa. Lopulliseen tutkimuskysymykseen päädyttiin iteroivan prosessin kautta, jossa hyödynnettiin tilaajaorganisaation edustajan, diplomityöohjaajien ja diplomityön tekijän osaamisalueita. Tutkimuskysymyksiä iteroitaessa prosessissa huomioitiin kohdeorganisaation edustajan näkemys ja osaaminen rakennusosalalta, ohjaajien osaaminen tietojohdamisen ja tiedonhallinnan osa-alueilta sekä diplomityöntekijän poikkitieteellinen osaaminen edellä mainituilta osa-alueilta. Lopulliseen päätutkimuskysymykseen päädyttiin juuri näiden osa-alueiden yhteensovittamisella alkuperäisen aiheen ympärille. Tutkimusongelmaksi muodostui rakennushankkeessa olevien sidosryhmien² osaoptimoidut prosessit, yhteistyössä kokonaisuuden optimoimisen sijaan sekä tiedon siiloutuminen yksittäisille tahoille. Lopulliseksi päätutkimuskysymykseksi muodostui:

Miten rakennusprojektin sisällä toimivien eri sidosryhmien tietotarpeet tulisi huomioida tahtimenetelmiä³ sovellettaessa rakennusprojektin aikana?

Rakennusprojekti käsittää tässä tutkimuksessa rakennushankkeen rakennussuunnittelu- ja rakentamisvaiheen, joista molempiin keskitytään kirjallisuustutkimusosiossa empiirisessä osuudessa haastatteluiden ja havainnoinnin avulla. Rakennussuunnitteluvaihe otetaan huomioon empiirisessä osuudessa vain pintapuolisesti, koska toimeksiantoyritys korosti rakentamisvaiheen tuotannonohjauksen tehostamisen tarvetta.

² Sidosryhmillä tarkoitetaan yleisesti kaikkia toimijoita, jotka ovat yrityksen kanssa yhteydessä tavalla tai toisella kuten, oma henkilöstö, kilpailijat, asiakkaat, alihankkijat, valtio yms.

³ Tahtimenetelmillä tarkoitetaan eri koulukuntien tulkintoja tahtiaikataulutusta ja tahtikontrollia. Tahtiaikataulutusta pitää sisällään tahdituksen suunnittelun ja tahtikontrolli tuotannon päivittäisjohtamisen (Fransson et al. 2013; Dlouhy 2018.)

Tässä tutkimuksessa sidosryhmillä tarkoitetaan suunnittelua, hankintaa ja projektiorganisaatiota, jotka kaikki ovat rakennusprojektille tyypillisiä osapuolia. Suunnittelu pitää sisällään arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnittelun. Hankinta sisältää rakennusprojektiin liittyvät hankinnat, kuten materiaalit ja alihankitut työsuoritteet. Projektiorganisaatio pitää sisällään tilaajan, projektinjohdon ja kaikki hankkeeseen liittyvät urakoitsijat. Tietotarpeilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa niitä tietoja, jotka ovat välttämättömiä eri sidosryhmille tahtiaikataulutusta suunniteltaessa ja soveltaessa.

Kuten edellä on todettu, tutkimuksen pääpaino on projektiorganisaation ja erityisesti tuotannon eri toimijoiden välinen tiedon jakaminen tuotannon tahdistamisessa tahtimenetelmiä käyttäen. Suunnittelunohjauksen ja hankintatoimen tutkimuskysymyksiä tarkastellaan hyvin suppeasti ja vain välttämättömällä laajuudella. Tuotannolla tässä tutkimuksessa tarkoitetaan rakennushankkeen työmaalla työskenteleviä pääurakoitsijan edustajia kuten vastaavaa mestaria, työnjohtajia, työmaainsinööriä sekä rakennustyöntekijöitä ja aliurakoitsijoiden edustajia.

2.2 Tutkimusote ja menetelmät

Tieteen keskeisenä tavoitteena on tiedon, oli se sitten uutta tai jo tiedossa olevaa, kerääminen ja sen jäsentäminen sekä järjestäminen tulkittavaan muotoon. (Olkkonen 1994) Se miten tutkimuksessa tietoa hankitaan, riippuu pitkälti tutkimuksessa sovellettavasta tieteenkäsityksestä. Eri tieteenkäsitykset perustuvat oman aikansa tulkintoihin, joita ovat ohjanneet filosofien ja eri tieteenalojen sen aikaiset käsitykset ja ymmärryksen tasot. Olkkonen (1994) mainitsee liiketaloustieteen kannalta kaksi merkittävää tieteenkäsitystä, positivismin ja hermeneutiikan. Edellä mainitut käsitykset voidaan myös karkealla tasolla jakaa määrälliseen ja laadulliseen tutkimukseen liittyviksi. Pitkäranta (2010) kuvaa positivistista tutkimusta tutkimukseksi, jossa pyritään löytämään säännönmukaisuuksia ja lainalaisuuksia suuren määrällisen tutkimusmateriaalin avulla. Hermeneuttista tutkimusta Pitkäranta (2010) puolestaan kuvaa laadulliseksi tutkimukseksi, jossa korostuu tutkittavan aihepiirin ymmärrys laadullisen tutkimusmateriaalin ja menetelmien avulla. Tämä diplomityö perustuu pitkälti hermeneuttiseen tieteenkäsitykseen, koska kyseisen tutkimuksen avulla pyritään kartoittamaan ja ymmärtämään mahdollisia uusia toimintatapoja sekä niiden käytettävyyttä rakennusosalalla ja erityisesti kohdeorganisaatiossa.

Tutkimusotteeksi muodostui edellä mainitun hermeneuttisen tieteenkäsityksen ja konstruktivisen tutkimusotteen yhdistelmä, koska näiden kartoittavien ja ymmärrystä lisäävien toimintatapojen avulla haluttiin luoda kohdeorganisaatiolle uusia toimintatapoja. Konstruktivisella tutkimusotteella tarkoitetaan sitä, että tutkimuksessa pyritään luomaan uuden tai jo olemassa olevan tiedon avulla jonkinlainen uusi sovellutus tai tavoite. Tämä voi olla esimerkiksi ratkaisu ongelmaan tai uusi innovaatio. Konstruktivinen tutkimusote lähtee usein liikkeelle aiheen nykytilasta, johon pyritään saamaan uutuusarvoa tuottava muutos. Sen tarkoituksena on ottaa kantaa siihen, mitä ja miten pitäisi tarkasteltavan aiheen kanssa toimia (Kasanen et al. 1993.) Tässä diplomityössä pyrittiin kartoittamaan

rakennusprojektin aikataulutuksen nykytilaa ja uutena tietona käytettiin tahtimenetelmiä muussa teollisuudessa sekä rakennusosalalla sovellettuna Saksassa, Norjassa ja Yhdysvalloissa.

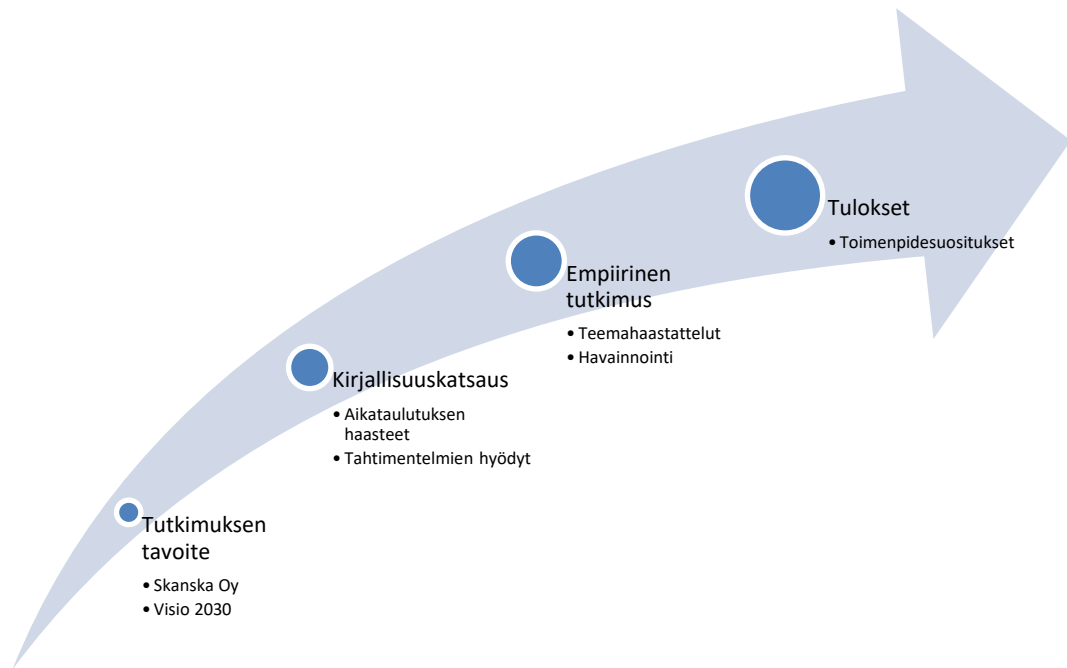
Tutkimusmenetelmäksi muodostui tapaustutkimus. Saunders et al. (2009) ja Yin (2003) kuvaavat tapaustutkimusta käytettävän kartoittavissa ja kuvailevissa tutkimuksissa, joissa pyritään saamaan yksityiskohtainen kuva tutkittavasta tapauksesta tai joukosta toisiinsa liittyviä tapahtumia. Tapaustutkimus nähdään myös empiirisenä tutkimuksena, jolla pyritään näkemään tutkittava ilmiö reaaliaikailman rajoissa. (Yin 2003) Haasteena tässä tutkimusmenetelmässä Yin (2003) näkee tapauksesta riippuen mahdollisen häilyvyyden ilmiön ja reaaliaikailman rajoissa. Tapaustutkimus jaetaan neljään eri tyyppiin: holistinen yksittäistapaustutkimus, holistinen monitapaustutkimus, sulautettu tutkimus ja sulautettu monitapaustutkimus. (Koskinen et al. 2005) Näistä neljästä vaihtoehdosta diplomityöhön valikoitui holistinen monitapaustutkimus. Tutkimuksessa tarkastelun kohteena on rakennusliikkeen aikataulutuksen toimintatapojen kehittäminen. Toimintatapoja kehitetään sisäisten haastattelujen ja havainnointia sekä haastatteluja sisältävien erillisten tapausten kautta saatujen tietojen ja toimintatapojen pohjalta.

Tapaustutkimus koostuu usein monilla eri tavoilla toteutetuista tiedonkeruumenetelmistä ja niiden muodostamista yhdistelmistä kuten kirjallisuuskatsaus, teemahaastattelut ja havainnointi. Saunders et al. (2009) perustelevatkin useiden tutkimusmenetelmien käyttöä mahdollisimman luotettavien tulosten saamiseksi. Tässä tutkimuksessa tiedonkeruumenetelminä toimivat juuri edellä mainitut kirjallisuuskatsaus, teemahaastattelut ja havainnointi.

2.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen kulku on nähtävissä kuvassa 1. Tutkimuksen aluksi määriteltiin Skanska Oy:n omat sekä Visio 2030-hankkeeseen liittyvät yhteiset tavoitteet, joiden pohjalta määriteltiin varsinaiset tutkimuskysymykset. Itse tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta ja empiriaosuudesta.

Kirjallisuuskatsaus on esitettyinä luvuissa kolme ja neljä. Luku kolme pitää sisällään rakennusprojektin aikataulutukseen liittyvien haasteiden käsittelyä ja sidosryhmien tietämyksen hallintaan liittyviä ilmiöitä. Kyseisessä luvussa käsitellään yleisiä näkemyksiä aikataulutuksen haasteista ja tietämyksenhallinnan roolia rakennusosalalla. Luvussa neljä perehdytään rakennusalan kehitykseen liittyviin ilmiöihin ja tahtimenetelmien käyttöön rakennusprojekteissa. Suurin painotus pidetään tutkittavissa ilmiöissä, tahtimenetelmissä, ja niiden hyödyntämisestä saaduista eduista.



Kuva 1 Tutkimuksen kulku.

Empiirisessä tutkimuksessa Skanska Oy:n henkilöstöstä valittiin teemahaastatteluun sopivat henkilöt harkinnanvaraisella otannalla käyttäen hyödyksi työtä ohjaavan tahon tietämystä Skanskan henkilöstöstä sekä Snowball sampling-tekniikkaa⁴. Haastateltavien kanssa käytiin läpi heidän kokemuksiaan rakennusalan kehityksestä työ-uran aikana ja näkemyksistä tulevaisuuden suhteen. Lisäksi heille esiteltiin tahtimenetelmät ja niiden tuomat mahdollisuudet.

Kolmen erilaisen tapauksen sisällä suoritettiin sekä haastattelua, että havainnointia. Ensimmäisessä tapauksessa tutustuttiin kohdeorganisaation omaan tutkimuksen tekohelellä valmisteilla olevaan työmaahan, jossa käytettiin tahtimenetelmiin liittyviä toimintatapoja. Tutkimuksen ja työmaan välillä ei ollut tutkimuksen alussa vielä yhteyttä, vaan ne löysivät toisensa osittain sattuman kautta. Toisessa tapauksessa tutustuttiin kahden viikon aikana Kaliforniassa DPR Construction Inc. nimisen rakennusliikkeen kahteen suureen TTP-projektiin. Kolmantena tapauksena selvitettiin yliopiston näkemystä tutkittavasta aiheesta sekä toisen aihepiiriin ympärillä toimineen rakennusliikkeen kokemuksia tahtimenetelmistä.

Tulokset-osiossa käydään läpi mitä eri tutkimusmenetelmien avulla tutkittavasta aiheesta saatiin tulokseksi ja miten näiden tulosten avulla luotiin kohdeorganisaatiolle toimenpidesuosituksia jatkoa varten.

⁴ Snowball sampling- tarkoittaa sitä, että haastattelun jälkeen haastatellulta kysytään mahdollisia suosituksia siitä kuka tai ketkä voisivat olla seuraavat haastateltavat. (Atkinson & Flint, 2001)

3. PROJEKTIN AIKATAULUTUKSEN JA TIETO-TARPEIDEN HAASTEET

Rakennusprojektin onnistuminen ennalta asetettujen tavoitteiden mukaisesti edellyttää tuotannonsuunnittelua, valvontaa ja tuotannonohjausta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017) Rakentaminen on jo vanhastaan tunnettu siitä, että se on monimutkaista ja, että se sisältää erilaisia epävarmuustekijöitä ja rajoituksia, jotka tekevät rakennusprojektin aikatauluttamisesta erittäin haastavan prosessin. (Rittel & Webber 1973) Mossman (2012) luonnehtii rakennusalan toimivan vielä perinteisen ja vanhanaikaisen tuotannon ohjauksen mukaisesti. Tuotannon ohjaus perustuu Mossman (2012) mukaan pitkälti Kriittinen polku-ajatteluun sekä organisaatioon, jota johdetaan määräävällä ja ylhäältä alaspäin toimivalla tavalla. (Mossman 2012) Koskenvesa & Sahlstedt (2017) toteavat, että tuotannon ajallisella suunnittelulla ja ohjauksella on keskeinen rooli koko rakennusprojektin läpiviennissä. Niiden avulla luodaan perusta muulle suunnittelulle, kuten ARK-, RAK-, ja LVISA-suunnittelulle sekä hankintasuunnitelmalle, sekä nostetaan esiin mahdolliset epäkohdat ja suunnitelmien ristiriitaisuudet (Koskenvesa & Sahlstedt 2017.)

3.1 Projektin aikataulutus

Rakennusprojektiin liittyviä epävarmuustekijöitä ja rajoitteita on avattu Frandson & Tommeleinin (2014) julkaisemassa artikkelissa. Heidän mukaan projektin tulee täyttää aikataulullisesti ja budjetillisesti asiakkaan tarpeet. Sen täytyy olla loogisesti etenevä kokonaisuus ja samalla mahdollistaa rakentajien jatkuva ja tehokas töiden tekeminen. Projektin tulee olla tarpeeksi yksityiskohtaisesti suunniteltu oma kokonaisuutensa ja samalla helppo ylläpitää sekä päivittää. Sen täytyy luoda työnteolle turvalliset olosuhteet ja varmistaa ajan riittävyys, jotta laatuvaatimukset saadaan täytettyä. Kaikkien edellä mainittujen muuttujien vuoksi on liki mahdotonta löytää jokaista muuttujaa täydellisesti tyydyttävä optimiratkaisu (Frandson & Tommelein 2014.) Aikataulua luonnehditaan myös rakennushankkeen toteutuksen malliksi, jonka sisältämien tehtävien ajoitusta ja vaatimaa ajankäyttöä pyritään järjestämään sekä optimoimaan sillä hetkellä olevien parhaiden tietojen pohjalta mahdollisimman realistisesti toteutettavaksi. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017) Epävarmuustekijöitä on paljon, mutta suurinta osaa näistä pystytään hallitsemaan, mikäli projektin jokaisessa vaiheessa kaikilta toimijoilta löytyy oikea-aikainen tieto. Tämä sisältää esimerkiksi sen missä järjestyksessä mitkäkin työvaiheet etenevät rakennettavien tilojen läpi ja milloin kunkin toimijan tulee tilata omat materiaalisensa työmaalle ja minkälaisessa muodossa.

Rakennusprojektin epävarmuustekijöitä ovat usein projekteista toiseen vaihtuvat yhteistyökumppanit, kuten tilaajaorganisaatio ja alihankkijat, vähäiset lähtötiedot ja uniikit hankkeet. (Koskela & Howell 2002) Aikataulutuksen epävarmuuteen vaikuttaa suuresti

vieläkin käytössä oleva tapa, jossa suunnittelu ja toteutus on erotettu toisistaan projektin alkuvaiheessa, jolloin projektin yleisaikataulu lyödään lukkoon. (Kalsaas et al. 2014) Rakennushankkeen yleisaikataulu ja sen realistinen toteutettavuus vaikuttavat suoraan projektin muihin suunnitelmiin ja aikatauluihin kuten esimerkiksi suunnittelu- ja hankinta-aikatauluun. (Koskenvesa & Sahlstedt 2017) Projektin alkuvaiheessa jäädytetty yleisaikataulu voi hyvin nopeasti muodostua ongelmaksi toteutusorganisaatiolle, mikäli projektin suunnitelmat muuttuvat ennen toteutusta ja sen aikana. Lukittu suunnitelma luo rajoitteita toteutukselle sekä siihen linkitetyille muille suunnitelmille ja aikatauluille.

Epävarmuustekijöitä ja projektien monimutkaisuutta vastaan ollaan perinteisesti varauduttu lisäämällä aikapuskureita eri toimintojen ja työvaiheiden väliin. (Howell et al. 1993) Aikapuskurit lisäävät tyhjää tilaa toimintojen ja työvaiheiden väliin ja tällä tavoin luovat väljyyttä aikatauluun, jotta eri toimintojen ja työvaiheiden koordinointi ja epävarmuuksien hallinta helpottuisivat. (Russell et al. 2013) Tyhjän tilan huomioiminen aikataulussa resurssina näkemisen sijasta pelkkänä puskurina voi kuitenkin johtaa tuottavuuden laskuun, kuten Akinci et al. (2002) toteavat tutkimuksessaan. Jos suunnitellun rakennuksen julkisivu tai jokin muu rakennusosa, olisi esimerkiksi suunniteltu yleisistä tavoista poiketen ilman tarvittavia detajji-suunnitelmia, voitaisiin tällaista epävarmuustekijää varten lisätä ylimääräistä aikaa julkisivun rakentamiseen. Samalla käytettäisiin ylimääräistä aikaa tietylle alueelle, kuten julkisivun edustalla, joka mahdollisesti pakottaisi siirtämään seuraavia työvaiheita puskurina olevan ajan verran eteenpäin. Näin ollen aikaa lisättäisiin puskuriksi tarvittavan tiedon puuttumisen vuoksi ja sen seurauksena työvaiheen valmistuminen viivästyisi.

Edellisessä kappaleessa mainittuja aikapuskureita ja paikan sekä ajan suhdetta määriteltiin Suomessa ennen tietokoneavusteisia aikataulutushjelmia lähinnä heuristisesti. (Seppänen 2009) Esimerkiksi erikoisprojekteissa käytettiin Kiiraksen (1989) tutkimuksen mukaisesti nyrkkisääntönä noin kolmen viikon aloituspuskuria seuraavaan työvaiheeseen, kun taas normaalissa rakentamisessa käytettiin noin kahden viikon aloituspuskuria ja kahden kerroksen sijaintipohjaista puskuria. (Kankainen & Sandvik 1993) Näitä puskureita käytettiin lähinnä sisävalmistusvaiheen ja LVISA-töiden aikataulutuksessa. Myöhemmin kun tietokoneavusteiset aikataulutushjelmat mahdollistivat Monte Carlo-simulaation, minkä avulla suuria massoja sisältäviä hankkeita voitiin pilkkoa pienempiin paloihin ja aikaikkunoihin paikka-aikakaavion avulla. Tällöin näiden eri paikkojen määrällä ei enää ollut samanlaisia rajoitteita kuin ennen (Seppänen 2009.)

Haasteena oli kuitenkin edelleen uskalluksen puute tarkemmasta tuotannon suunnittelusta ja ohjauksesta tai lähinnä sen aloittamisesta ennakkoon. Kenley (2005) toteaa raportissaan, että Suomessa rakentamisen aikataulutuksen strategiana on ollut luoda makrotasolla hallittu kokonaisuus, joka pitää huolen siitä, ettei päällekkäisyyksiä tapahdu isossa mitta-kaavassa. Kenley (2005) korostaa Seppäsen (2009) mukaan sitä, että Suomessa pitkällä oleva tapa jakaa työmaa paikka-aikakaavion avulla pieniin lohkoihin ei toteudu sen täy-

dellä potentiaalilla, koska edellä mainittu makrotason johtaminen ei pysty luomaan haluttua virtausta työlle. Raportissaan Kenley (2005) ehdotti mikrotason johtamisen lisäämistä aikataulutuksessa ja sen suunnittelussa. Ehdotuksellaan Kenley (2005) tarkoitti tilannetta, jossa työvaiheet suunnitellaan niin tarkasti, että jokaisen työvaiheen työryhmien työt olisi aikataulutettu näkyviin aikatauluun. Lisäksi jokainen näkisi missä vaiheessa kukin missäkin työskentelee. Seppänen (2009) toteaa tutkimuksessaan, että Suomalaisessa alan tutkimuksessa tämän tarkkuustason suunnittelu oli usein aloitettu vasta töiden aloituksen jälkeen tuotannossa, jolloin osa tärkeistä muuttujista oli jo ennalta päätetty ja lyöty lukkoon. Kappaleessa kolme esiteltävät tahtimenetelmät ja niiden hyödyntäminen rakennusosalalla ovat jatkumoa edellisille tutkimuksille.

3.2 Sidosryhmien välinen riippuvuus

Edeltävässä kappaleessa mainittiin, että tuotanto joutuu toimimaan epävarmuudessa liian aikaisin lukkoon lyödystä yleisaikataulusta johtuen, joka saattaa muuttua projektin edetessä. Tuotannon paine siirtyy myös muille sidosryhmille, kuten suunnittelulle ja hankintatoimelle. Ne joutuvat yhtä lailla toimimaan epävarmuuden ja muutosten kanssa kuten Kalsaas et al. (2009;2010) artikkeleissaan toteavat. Epävarmuus kertaantuu tasolta toiselle mentäessä, jos edellisellä tasolla havaittuihin epävarmuustekijöihin ei saada vastauksia.

Epävarmuustekijät liian aikaisin lukkoon lyödystä yleisaikataulusta peilautuvat suoraan suunnittelu- ja hankinta-aikatauluihin, joiden ohjaamisessa vaaditaan jokaisen sidosryhmän toimijan välillä jatkuvaa kommunikaatiota. Pahimmassa tapauksessa alkuperäinen yleisaikataulu, jonka pohjalta suunnittelu- ja hankinta-aikataulu on luotu ja näiden mukaan tehdyt suunnitelmat ja hankinnat saapuvat tuotantoon väärään aikaan, koska ne ovat ristiriidassa tuotannossa tehdyn tarkennetun yleis- ja vaiheaikataulujen kanssa (Kalsaas et al. 2009; 2010.)

Haastavuutta lisää suunnittelijoiden jakautuminen eri suunnittelualoille, kuten arkkitehti-, rakenne-, ja LVISA-suunnittelu ja tuotannossa olevien alihankkijoiden jakautuminen vielä laajemmalle skaalalle, jossa jokainen eri toimija tarvitsee eri lajin suunnitelmia. Tämä johtaa helposti siihen, että yksittäiset suunnittelijat ovat toteuttaneet eri vaiheissa suunnitelmia alueille, joihin toisen lajin suunnittelija ei välttämättä ole vielä ehtinyt (Kalsaas et al. 2014.) Esimerkkinä voisi olla tilanne, jossa arkkitehti ja rakennesuunnittelija suunnittelevat keskenään kerrostalon kattopihan detaljeja samaan aikaan, kun tarkentavia suunnitelmia tarvittaisiin tuotannon ja LVISA-suunnittelijoiden näkökulmasta katutasossa olevan kerroksen eteenpäin saattamiseksi. Esimerkki oli hyvin kärjistävä, mutta samalla mahdollinen huonon tiedonkulun ja ohjauksen puutteen vuoksi. Rakennushanke pitää sisällään monia eri sidosryhmiä ja erilaisia sopimussuhteita näiden välillä, mitkä aiheuttavat helposti kuiluja tiedonkulun sekä ohjauksen välillä.

Sidosryhmien välinen riippuvuus korostuu erityisesti rakennusprojektin sisällä olevien toimijoiden ja tukitoimintojen välillä, jotka tarvitsevat toisiltaan eri tilanteissa erilaisia ja eri muodossa olevia tietoja. Rakennusprojektin rakennussuunnitteluvaiheeseen ollaan jo käytetty uusia yhteistoimintaa tukevia, tiedon jakamiseen ja uuden tiedon luomiseen tarkoitettuja käytäntöjä. Näistä hyvänä esimerkkinä suunnittelunohjauksessa käytetyt Big Room-toimintatavan variaatiot ja niihin liittyvät sovellukset. Big Roomista rakennus-alalla on myös tehty useita diplomitöitä viime aikoina kuten Karhu (2013), Aho (2014), Kauppila (2014), Juntunen (2016) ja Korpiluoma (2018).

Big Room-toiminnan tarkoituksena on kerätä hankkeeseen liittyvät avainhenkilöt ja päätöksentekijät yhteen suunnittelemaan sekä ratkaisemaan hankkeeseen liittyviä kokonaisuuksien yhteenliittymiä ja muita haasteita. Toiminnalla on havaittu olevan positiivisia vaikutuksia hankkeen suorituskykyyn ja tuottavuuteen sekä toimijoiden yhteistyöhön (LCI 2015; Khanzode 2017) Tällainen toiminta edesauttaa sidosryhmän välisten riippuvuuksien havaitsemista, hiljaisen tiedon välittymistä sidosryhmien välillä. Hyvin dokumentoituna auttaa myös tulevaisuudessa samankaltaisia haasteita kohdatessa.

Kuten edellä mainituista diplomitöistä käy ilmi, Big Room-toimintaa hyödynnetään tuotannon näkökulmasta usein kuitenkin pääasiassa ylemmän tason päätöksenteossa. Jolloin mukana ovat suunnittelijat, rakennuttaja, projektiorganisaation edustaja sekä mahdollisesti tulevia käyttäjiä. Tällöin kuitenkin unohdetaan osa toimijoista, jotka tekevät päätöksiä tuotannon tasolla ja sen rajapinnoissa. Rakennus-alalla olevasta tiedosta suurin osa on kuitenkin hiljaista tietoa, joka usein sijaitsee projekteilla toimivilla osapuolilla. Addis (2016) Olisi erittäin tärkeää pyrkiä saamaan myös näiden tuotannossa toimivien ammattilaisten näkökulmia mukaan jo suunnitteluvaiheen päätöksentekotilanteisiin, jotta itse rakentamisen aikana välttyttäisiin puutteellisilla tiedoilla tehdyiltä päätöksiltä.

Berghede (2018) korosti Lean Construction Congressissa Helsingissä tuotannossa työskentelevien ammattilaisten tietotaidon hyödyntämistä jo suunnitteluvaiheessa sekä varsinaisessa tuotannon suunnittelussa. Hän painotti tiedon jakamisen tärkeyttä yli toimialarajojen sekä yhteistyön merkitystä etenkin suurissa rakennushankkeissa. Berghede (2018) hyödynsi Big Room-toimintaa suurissa sairaalahankkeissa tuomalla tuotannon ja suunnittelun ammattilaiset yhteen suunnittelemaan ja toteuttamaan kohdetta sekä samalla luomaan paremmat edellytykset tukitoimintojen kuten hankinnan työlle. Yhtiö onnistui yhdistämään suunnittelijan ja rakennustyöntekijän tietotaidot siten, että molemmat suunnittelivat yhdessä, miten eri kokonaisuudet voitaisiin mallintaa kaikkien osapuolten kannalta parhaalla mahdollisella tavalla, jolloin myös hankintatoimi pystyi tilaamaan oikeat tuotteet oikeaan aikaan.

Sidosryhmien välisten riippuvuuksien ja erityisesti tiedon jakamisen asettamien haasteiden minimoimiseksi osa rakennusalan yrityksistä on pyrkinyt kasvattamaan omaa portfolioaan lisäämällä eri tukitoimintoja oman liiketoimintansa ympärille. Tällaisesta toimin-

nasta on hyvä esimerkki Kaliforniasta, jossa Katterra Inc. niminen yritys tarjoaa rakentamispalveluita kokonaisuutena suunnittelusta käyttöönottoon. Yritys pitää sisällään kaiken suunnittelun, hankinnan, esivalmistuksen ja rakentamisen, mitä yleisesti rakennushankkeet pitävät sisällään. Tällä tavoin he pyrkivät minimoimaan sidosryhmien välisiä tiedon jakamisen haasteita ja pyrkivät jalostamaan rakennushankkeessa olevan tiedon oman yrityksensä sisällä (Katterra 2018.)

Samanlaista trendiä on havaittavissa myös Suomessa. Esimerkiksi Fira Modulesin toimesta, joka tarjoaa tällä hetkellä valmiita kylpyhuonemuodulleita, jotka helpottavat hankintatoimen ja suunnittelijoiden työtä standardoitujen ratkaisuiden vuoksi sekä auttavat asiakkaan päätöksentekoa fyysisten mallien avulla. (Fira Group 2018) Toisena esimerkkinä on Skanska Oy ja sen OneSkanska hankkeet, joissa yhdistetään yrityksen sisällä olevien liiketoimintayksiköiden tietotaito rakennushankkeen alusta loppuun saakka. OneSkanska hankkeissa pyritään jalostamaan hankkeen sisällä oleva tieto käyttäen mahdollisimman paljon yrityksen sisäistä osaamista kuten luomalla hankinnan, talotekniikan ja talonrakentamisen yhteistoimintamalli, jossa edellä mainitut sidosryhmät toimivat kaikki saman organisaation alla.

Tulevaisuudessa voidaan Suomessakin odottaa Katterra Inc. tyyllisiä kokonaisuuksia tarjoavia yrityksiä, jotka jalostavat käytössä olevan tiedon alusta loppuun saakka. Tällä hetkellä kuitenkin rakentamisen volyymi ei ole Suomessa niin tasaista ja suurta, että tällaisten kokonaisuuksien hallinta olisi taloudellisesti kannattavaa. Laaja tukitoimintoverkosto yrityksen sisällä luo paljon kiinteitä kuluja, joiden kattamiseen tarvitaan paljon tiedossa olevaa työtä.

3.3 Tietämyksen hallinta

Tietojohdaminen on monella alalla yleistynyt ja rakennusalaalla ollaan kansainvälisellä tasolla myös menty eteenpäin tietojohdamisen näkökulmasta. Esimerkiksi Yhdistyneessä kuningaskunnassa on pystytty saavuttamaan hyviä tuloksia rakennusalla tietojohdamisen oppeja implementoimalla (Addis 2016.)

Tietojohdamisesta puhuessa on hyvä aloittaa siitä, miten tietoa voidaan jaotella. Karkea jako voidaan ensinnäkin tehdä tiedon jakautumisella hiljaiseen ja eksplisiittiseen tietoon. Hiljaiseksi tiedoksi voidaan lukea kaikki tieto, jota ei voi suoraan dokumentoida tai jakaa toiselle ihmiselle helposti ja joka voi olla tiedostettua tai tiedostamatonta kuten intuitio tai osaaminen. Eksplisiittisellä tiedolla taas tarkoitetaan tietoa, jota pystytään helposti dokumentoimaan ja esittämään esimerkiksi kirjallisessa muodossa (Laihonen et al. 2013.)

Hiljaiseen ja eksplisiittiseen tietoon jaettu tieto voidaan myös jakaa Laihonen et al. (2013) mukaisesti kolmeen eri tasoon, jotka ovat taulukossa 1 esitetyt tasot:

Taulukko 1 Tiedon tasot ja niiden jalostuminen (Laihonen et al. 2013)

Tiedon taso	Määritelmä
Tietämys	Inhimillistä tietoa, joka perustuu usein kokemukseen
Informaatio	Rakenteellista dataa, jota voidaan käyttää analyysissä
Data	Rakenteettomia tosiasioita

Turhan yleistämisen välttämiseksi ja konkretian luomiseksi, taulukossa 1 esitetyt tiedon tasot voidaan avata rakennusalan esimerkkien mukaisesti seuraavalla tavalla:

Tietämys:

Laatoittaja, joka tekee pohjatyöt ja laatoittaa moduulimitasta poikkeavan saneerauskohteessa olevan kylpyhuoneen siten, että käyttää kokemukseen perustuvia tietoja ja oppeja siitä, miten seinät ja lattia laatoitetaan mahdollisimman pienellä materiaalihukalla ja myös siten, että seinien ja lattian liittymäkohdat on tehty mahdollisimman huomaamattomasti (laattajako mietitty ennen tekemistä yms).

Informaatio:

Työnjohtaja osaa vika- ja puutelistojen pohjalta saadun tiedon avulla hankkia oikean tekijän, oikeaan paikkaan, oikea-aikaisesti korjaamaan virheet ja puutteet oikealla tavalla. tekijä myös osaa saamansa informaation avulla suorittaa korjaavat toimenpiteet.

Data:

Betonivalussa olevan anturin mittaama-arvo, josta voidaan laskea betonimassan suhteellinen kosteus esimerkiksi erillisen ohjelmiston avulla.

Laihonen et al. 2013 toteavat kirjassaan sivulla 12: ”*Tietojohtamisen tehtävänä on muodostaa kokonaiskuva organisaation hallussa olevasta tiedosta ja valjastaa se palvelemaan liiketoimintaa.*” Tämän on myös huomioinut Addis (2016), joka mainitsee, että Yhdistyneessä kuningaskunnassa on tietojohtamisen toimintatapoja käytetty luomaan paremmin ohjattu tapa rakennusprojekteista oppimisen ja näistä saatujen tietojen jakamiseen ja uudelleenkäyttämiseen. Tietojohtamisen toimintatapojen käytöllä onkin havaittu olevan mahdollisuuksia uuden kilpailuedun luomisessa (Egbu 2004; Addis 2016.) Kilpailuetu ja sen lisääminen tiedon avulla on teema, josta myös Laihonen et al. (2013) keskustelivat kirjassaan.

Vaikka rakennusala on jatkuvasti digitalisoitumassa, on silti muistettava, että toistaiseksi ihmiset ovat pääroolissa talojen suunnittelemisessa sekä niiden rakentamisessa. Tämän vuoksi on tärkeää tiedostaa, että nyt ja lähitulevaisuudessa ihmiset ovat tärkein voimavara rakentamisessa. Addisin (2016) ja Egan (1998) mukaan liian usein ihmisten omaamaa tietoa, tietämystä ja taitoja aliarvioidaan ja, että alalla ei olla tunnistettu sitä kuinka tärkeää tietoa ja taitoa hukataan yksinkertaisesti siksi, että sen olemassaoloa ei olla tunnustettu. Alberto Felice et al. (2017) mainitsevat artikkelissaan, kuinka Rullani (2004) lukee tietämyksen erityislaatuiseksi resurssiksi verrattuna kolmeen klassiseen resurssiin, jotka ovat maa, työvoima ja pääoma. Nämä kolme esimerkkiä kuluva ja maksavat käytettäessä, kun taas tietämys lisääntyy sitä käytettäessä. (Alberto Felice et al. 2017; Rullani 2004) Voidaankin ajatella, että mitä enemmän yrityksen sisällä olevaa tietoa käytetään hyödyksi eri tahojen toimesta, sitä paremmaksi se jalostuu.

Druker & White (1996) korostivat jo 20 vuotta sitten sitä, kuinka paljon rakennusala luottaa yksittäisten osaajien taitoihin, kuten vastaavien mestarien ja kirvesmiesten käytännön osaamiseen sekä sitä kuinka paljon käytössä olevaa tietämyksen ja osaamisen kapasiteettia ei ole saatu tehokkaasti hyödynnettyä yhdessä. Alberto Felice et al. (2017) korostavat artikkelissaan tietämyksen monimuotoisuutta ja sitä, kuinka samaan asiaan liittyvät erilaiset tiedot yhdistettynä luovat uutta ja mahdollisesti parempaa tietoa. Esimerkiksi edellä mainittujen yksittäisten osaajien tietämys siitä, miten jokin työvaihe on totuttu tekemään ja suunnittelijan tieto siitä, miten se tulisi teknisesti tehdä oikein, luovat yhdistettynä mahdollisesti paremman kokonaisuuden kuin tapauksessa, jossa suunnittelija suunnittelee teknisesti oikein, mutta tekijä tekee tekotavaltaan parhaalla mahdollisella tavalla toteutetavissa olevan lopputuloksen.

Eksplisiittistä tietoa saadaan kerättyä ja jaettua digitaalisten järjestelmien kautta eri sidosryhmille, oli se sitten teksti-, 2D-, 3D- tai 4D-muodossa. Ongelmana on juuri hiljaisen tiedon hallinta ja sen jakaminen eri sidosryhmien kesken. Addisin (2016) mukaan eksplisiittisen tiedon määrä on hyvin pieni rakennusosalalla olevasta valtavasta tietomassasta. Rakennusosalalla oleva tietomassa koostuu moniulotteisista ja monitulkintaisista osista, jotka pitävät sisällään ehdotuksellisia, kokeilevia, suoritteisia ja teoriapohjaisia osia, jotka kaikki näyttäytyvät ulkoisesti ja totuuden kanssa eri tavalla. (Addis 2016) Oikean ja väärän tiedon välinen raja voi olla hyvinkin häilyvä ja osa alalle tehtävistä päätöksistä voi periaatetasolla olla oikein, mutta toteutettaessa jokin asia voi mennä väärin.

Kaikki nämä edellä mainitut tiedon ja tietämyksen muodot ovat läsnä rakentamisessa. Niistä vain eksplisiittisen tiedon osuus, joka on hyvin pieni, on jollain tavalla määriteltävissä ja kerättävissä. (Mingers 2008) Addis (2016) mainitsee myös, että Sheehan et al. (2005) tutkimuksen mukaan noin 80% rakennusosalalla olevasta tärkeästä tiedosta olisi yksinomaan hiljaista tietoa. Arvio on tietenkin vain yhdestä lähteestä, mutta pelkästään suuntaa antavana tietonakin se paljastaa yleiskuvaa alan potentiaalisesta kehityksestä hiljaisen tiedon ulosmittaamisen avulla.

Suuri määrä rakennusosalalla olevasta tuotantoon liittyvästä hiljaisesta tiedosta ja tietämyksestä on varastoituna projekteilla toimivien ammattilaisten mieliin, mikä vaikeuttaa sen siirtämistä yrityksen ja muiden sidosryhmien käyttöön sekä sen jakamista toisille teijöille. Alan projektimainen luonne ja projektin aikaisten kriittisten syy-seuraus-suhteiden tuomien päätösten dokumentaation puute vaikeuttavat myös osaltaan tiedon keräämistä (Addis 2016.) Selvitys siitä, miksi jotain tehtiin jollain poikkeavalla tavalla johtaa usein virheiden uudelleen tekemiseen ja siihen, että samanlaiseen tilanteeseen voidaan joutua uudestaan ja pahimmassa tapauksessa toimia taas väärällä tavalla.

Alalla ei ole vielä johdonmukaista tapaa siitä, miten hiljaista tietoa tulisi eri sidosryhmien välillä oikeaoppisesti jakaa ja näin tehostaa toimintaa. Addis (2016) toteaa artikkelissaan, että näiden ongelmien korjaamiseksi täytyisi hyväksyä objektiivisuuteen ja tietämykseen sekä vanhoihin käytäntöihin perustuvaan rakentamisen johtamiseen liittyvät rajoitteet. Hän korostaa eri toimijoiden roolia ja dokumentaation merkitystä parhaiden mahdollisten toimintatapojen luomisessa. Rajoitteiden tiedostaminen ja hyväksyminen ovat ensimmäinen askel koko ongelman selvittämisessä ja luo pohjaa näiden rajoitteiden karsimiselle.

Tietämyksen jakamisen haasteina Alberto Felice et al. (2017) mainitsevat tietämyksen jakamisen haluttomuuden, sen saatavuuden ja jakamisen haasteet sekä sen jakamisesta aiheutuvat kustannukset. Tietämyksen jakamiseen liittyvä haluttomuus johtuvat usein halulla suojata sitä muilta esimerkiksi patenteilla sekä myös pelolla siitä, että jakamalla omaa tietämystä toisille sen jakaa menettäisi siinä enemmän kuin saisi vastineeksi. Tietämyksen jakamisen haasteina ovat sen dokumentoinnin vaikeus ja sen myötä eksplisiitiseen muotoon saattaminen. Kustannuskysymykset tulevat taas huomioon esimerkiksi koulutuksia järjestettäessä tai yhteistoimintaa tukevia toimintatapoja ja niihin liittyviä järjestelmiä laadittaessa (Alberto Felice et al. 2017.)

Tiedon dokumentointiin ja sen jakamiseen yli projektien tulisi kiinnittää enemmän huomiota ja digitaalisista palveluista olisi tässä ongelmassa runsaasti hyötyä. Skanskalla on edellytykset ja valmiudet käyttää nykyaikaisia digitaalisia alustoja dokumentointiin ja tiedon jakamiseen esimerkiksi koulutusten avulla. Prosesseja digitalisoidessa ja uusia prosesseja implementoitaessa täytyy kuitenkin muistaa, että itse prosessin täydellinen läpikäynti ja varmuus sen toiminnasta ovat se ensimmäinen taso, joka tulee saavuttaa. Usein voi kuulla sanonnan: *”Digitalisoitu huono prosessi on jatkossakin huono prosessi, joka vain on digitalisoitu.”* Tätä ohjetta tulisi myös noudattaa, kun esimerkiksi Big Room-toiminnasta syntyvää tietoa dokumentoidaan ja jaetaan eteenpäin tai kun muita uusia toimintatapoja jalkautetaan käyttöön. Oikean tiedon havaitseminen ja sen dokumentointi voi olla vaikeaa ja tärkeä tieto voi helposti jäädä muun ylimääräisen ei niin tärkeän tiedon varjoon.

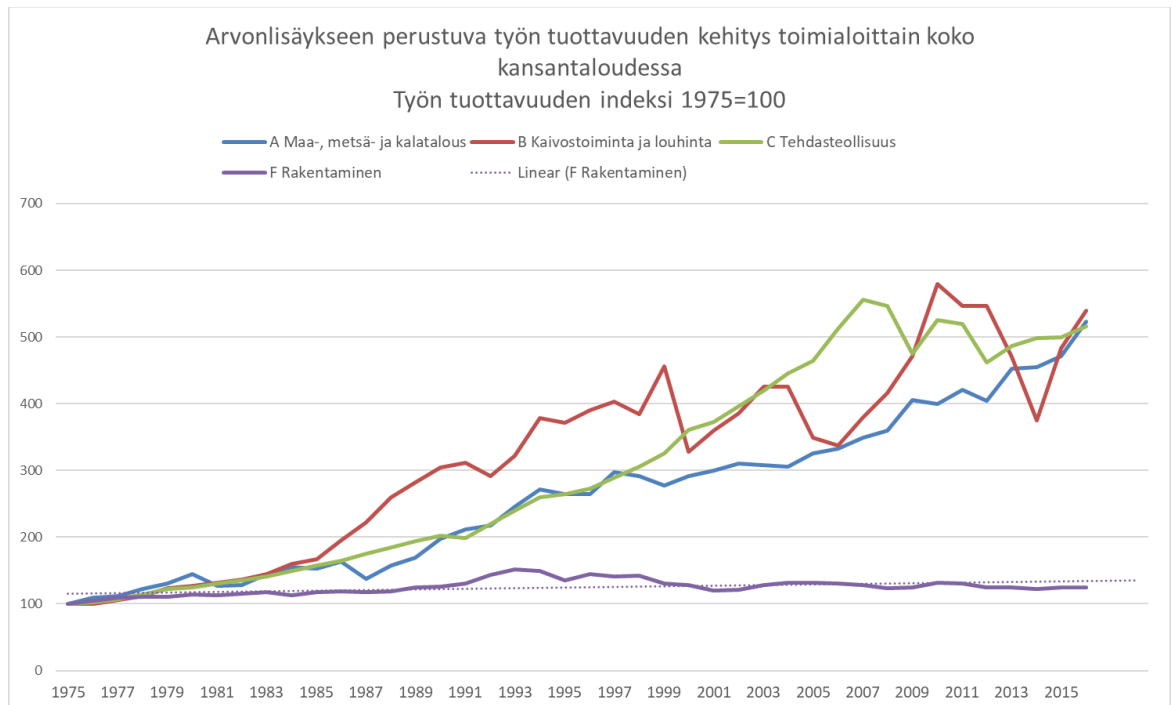
Nag & Gioia (2012) keskittyivät tutkimuksessaan samojen teollisuusalan organisaatioiden tiedon ja tietämyksen määrään ja sen käyttö- ja jalostusasteeseen. He tulivat siihen tulokseen, että teollisuuden aloilla, joissa toimitaan tasaisella kentällä ja joissa kilpailijoiden

tavat toimia ovat hyvin lähellä toisiaan, on olemassa olevan tiedon ja tietämyksen jalostamisella suurempi rooli kilpailuedun muodostumisessa, kuin pelkällä tiedon määrällä. (Nag & Gioa 2012)

Rakennusala on juuri tällainen teollisuuden ala, jossa toimintatavat ovat eri toimijoilla hyvin samanlaiset ja yritysten suurin pääoma on sen työntekijät. Tietämyksen hallinnan näkökulmasta voi ajatella, että se joka pystyy rakennusosalalla parhaiten hyödyntämään, sillä käytössä olevan tiedon ja tietämyksen niin omien kuin myös sidosryhmien jäsenten välillä on se, joka pystyy tehostamaan toimintaansa ja kilpailuetuaan parhaiten.

4. RAKENTAMISEN TUOTTAVUUDEN KEHITYS JA TAHTIMENETELMÄT

Rakennusala on jo jonkin aikaa arvosteltu tuottavuuden huonosta kehityksestä verrattaessa muihin teollisuuden toimialoihin. Xue et al. (2007) mainitsevat rakennusalan toimialana, joka on tunnettu pirstaloituneisuudesta, matalasta tuottavuudesta ja jatkuvista aika- ja kustannusten ylityksistä. Tilastokeskuksen datan perusteella Suomessa rakennusalan tuottavuus on myös erittäin matalaa verrattuna muihin toimialoihin. Kuvassa 2 esitetään, kuinka rakennustyön tuottavuuden kehitys on muuttunut vuodesta 1975 vuoteen 2016. (Tilastokeskus 2018)

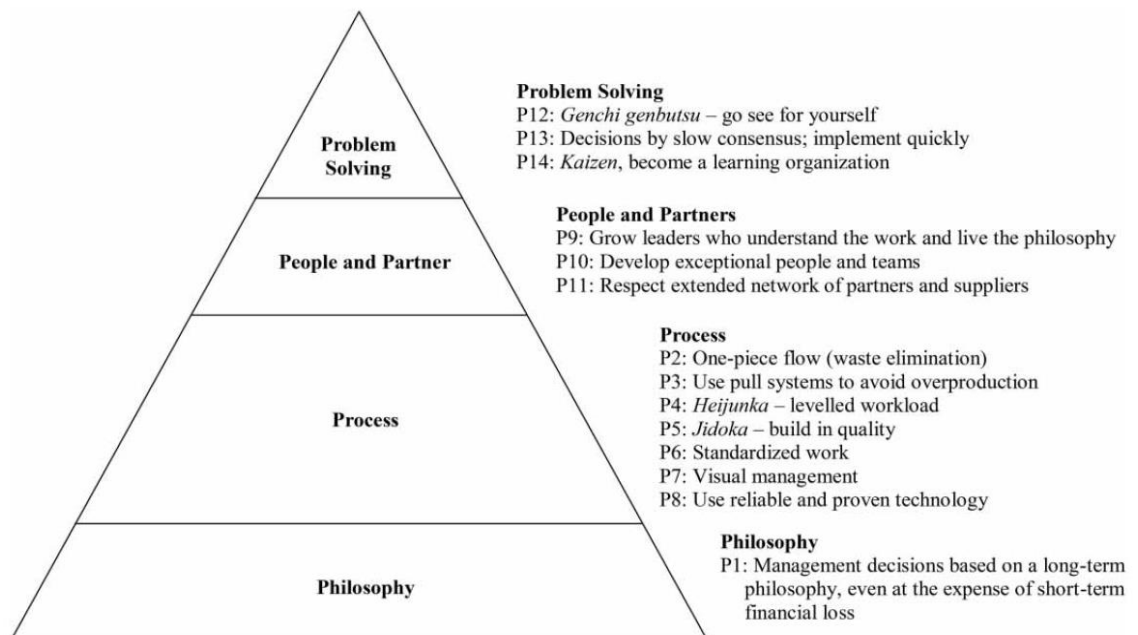


Kuva 2 Työn tuottavuuden kehitys Tilastokeskus (2018)

4.1 Lean-filosofia rakentamisessa ja sen kehitys

Lean-filosofian hyödyntäminen rakentamisessa (Lean Construction) perustuu pitkälti nimensä mukaisesti Lean-menetelmien käyttöön. Lean-menetelmät on kehitetty Japanissa toisen maailmansodan jälkeen luodun Toyota Production System (TPS) johtamisjärjestelmän perusteella (Krafcik 1988.) TPS pitää sisällään erilaisia periaatteita, metodeja ja työkaluja, joiden avulla pystytään vähentämään hukkaa ja laitteiden asetusajoja sekä nopeuttamaan tuotteiden läpimenoaikoja. (Womack et al. 1990) Lean-filosofia perustuu siis

hukan vähentämiseen, asiakkaalle tuotettavan arvon nostamiseen ja jatkuvaan parantamiseen, joiden saavuttamiseksi luodut 14 johtamisperiaatetta Liker (2004) konseptoi kuvassa 3 nähtävään Toyotan malliin.



Kuva 3 The Toyota Way (Liker 2004)

Kuvassa 3 nähdään Lean-filosofian peruseriaatteet, jotka lähtevät pyramidin alatasolta itse Lean-filosofiasta ja jalkautuvat ylöspäin prosessien ja ihmisten sekä sidosryhmien kautta itse yksilötason tekemiseen, jossa juurisyinä olevat ongelmat ratkaistaan. (Liker 2004)

Leania ei ole rakennuslalla toistaiseksi saatu implementoitua kuvassa 3 esitetyn konseptin tasolla, vaan kyseisestä mallista ja sen kaltaisista esityksistä on käytetty vain joitain osakokonaisuuksia tai yksittäisiä työkaluja tuottavuuden parantamiseksi. (Egan, 1998; Diekmann et al. 2004) Osittain näiden yksittäisten kokeiluiden ja niistä saatujen erilaisten tulosten vuoksi alalle ei ole ehtinyt muodostua yhtenäistä mielipidettä siitä, mitä Lean-rakentaminen pitää kokonaisuudessaan sisällään. (Green & May, 2005; Morris & Lancaster, 2006; Jørgensen & Emmitt, 2008; Mossman 2009)

Yllä mainittua yhtenäistä mielipidettä ja toimintatapoja luomaan on kuitenkin perustettu vuonna 1997 Lean Construction Institute. (LCI 2017) LCI on voittoa tavoittelematon järjestö, joka pyrkii kehittämään rakennuslalla ja siihen liittyvää suunnittelua Lean-filosofi- aan liittyvien keinojen avulla. LCI:n perusti vuonna 1997 Glenn Ballard ja Greg Howell tavoitteenaan tuoda rakennuslalle uusia projektin johtamiseen liittyviä malleja muilta teollisuuden aloilta. He havaitsivat rakennuslalla vallitsevan toiminnan, jossa projekteja johdetaan pakottavilla sopimuksilla ilman tuotantosysteemiajatteluun ja johtamiseen liit- tyviä peruseriaatteita ja toimintatapoja (LCI 2017.)

Suurena huolena he havaitsivat tavallisilla työmaillakin toistuvan ongelman, jossa työmaalla toimivan tietyn työvaiheen vastuuhenkilön lupaus viikoittaisen työsaavutuksen toteutumisesta täyttyi vain noin puolista tapauksista. Suurimpana syynä tähän nähtiin vakiintunut vanhanaikainen projektin johtamistapa, joka jätti syy-seuraussuhteet taka-alalle ja tällä tavoin mahdollisti epävarmuustekijöiden olemassaolon ja häytti työn virtausta (LCI 2017.)

Näitä edellä mainittuja haasteita varten kehitettiin Ballardin toimesta Last Planner™ System (LPS), jossa projektin johtamista katsotaan uudesta näkökulmasta. Tässä LPS:ssä tulevien töiden ja niiden aikataulutuksen suunnittelussa ovat mukana työvaiheiden tekijöiden edustajat eli ”last plannerit”, joiden läsnäolon havaittiin olevan erittäin tärkeää työvaiheiden suunnittelussa ja aikataulutuksessa. Paremman ennakkosuunnittelun, työvaiheiden tarkentuneen läpikäynnin ja keskusteluun perustuvan töiden suunnittelun ansiosta havaittiin, että LPS lisäsi työryhmien nopeampaa oppimista ja loi rakennustyölle virtausmaisempaa kulkua (LCI 2017.) LPS oli erittäin tärkeä askel rakennustuotannon prosessiin tekemiseen tähtäävässä työssä ja se on myös osaltaan ratkaisevassa roolissa tulevissa kappaleissa esiin tulevista tahtimenetelmistä, jotka ovat tämän diplomityön pää-tutkimuskohteet.

Toinen tärkeä kehityssuunta oli yhteistyön kasvattaminen eri rakennusalan toimijoiden välillä rakennusprojekteissa. Owen Matthews johti Lean-asiantuntijoita uudelleen miettimään tiimityöskentelyä rakennusosalalla, jotta toimijat pystyisivät näkemään projektin yhtenä kokonaisuutena yksittäisten osakokonaisuuksien sijasta. He loivat Integrated Project Delivery™ (IPD)–mallin, joka perustuu pitkälti samaan kuin 1990-luvulla Australiassa kehitetty Allianssi-malli. Allianssi-mallissa osapuolet sitoutetaan yhteiseen projektiin ”yksi kaikkien ja kaikki yhden puolesta” tyylisellä sopimuksella (LCI 2017; Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013.) Näissä molemmissa sopimustyypeissä ennen projektin aloitusta sovitetaan yhteiset pelisäännöt ja luodaan sopimus, joka velvoittaa kaikki osapuolet yhteistoimintaan mm. siten, että hyödyt ja mahdolliset tappiot jaetaan osapuolten kesken ennalta sovitulla tavalla (LCI 2017; Yli-Villamo & Petäjäniemi 2013.)

Näiden kahden tärkeimmän edistysaskeleen lisäksi LCI ja muut alalla toimivat järjestöt sekä yksittäiset toimijat ovat kehittäneet ja tutkineet rakennusosalalle uusia toimintamalleja. Esimerkkinä kehittäjistä voidaan mainita University of California Berkeley ja siellä toimiva Project Production System Laboratory (P2SL). P2SL tutkii erityisesti Lean-rakentamista ja sen aikataulutuksen kehittymismahdollisuuksia. (P2SL 2018.)

Lean-rakentaminen on kasvanut trendinä maailmalla ja 2010-luvulla se onkin vuosi vuodelta ottanut suuria askeleita eteenpäin. Tästä hyvänä esimerkkinä vuosittain Suomessa järjestetty Lean Construction Conference (LCC) on kasvanut päivän mittaisesta kymmenien ihmisten tapahtumasta tänä vuonna 2018 järjestettyyn kolmipäiväiseksi satojen ihmisten ja kansainvälisten puhujien muodostamaksi tapahtumaksi. (RIL 2018)

Tänä vuonna LCC-päivillä kiinnitettiin erityisesti huomiota tahtimenetelmiin ja niiden hyödyntämisen lisäämiseen rakennusosalalla. Konferenssissa oli tahtimenetelmiin liittyviä puheenvuoroja Yhdysvalloista, Saksasta ja Norjasta. Yhdysvalloista mukana oli The Boldt Companyn, Saksasta BMW:n ja Karlsruhe Institute of Technologya edustaja sekä Norjasta Statsbyggin edustaja (RIL 2018.)

4.2 Tahtimenetelmät

Tahdilla tarkoitetaan rytmiä, jossa asioita tapahtuu sille ennalta määrättyssä laajuudessa riippuen sen käyttökohteesta. Esimerkiksi musiikki muodostuu tahdistetuista soinnuista ja moottori käy tietyllä tahdilla toimiakseen optimaalisesti. (Haghsheno et al. 2016) Tahti nimitys tulee saksankielisestä sanasta *Takt*, jota on käytetty maailmanlaajuisesti teollisuudessa kuvaamaan tuotannon rytmitystä.

Tahtimenetelmien käytöstä on merkintöjä 1700-luvulta venetsialaisen telakan arkistoista, joissa oli merkintöjä kauppa- ja sotalaivojen rakentamisesta jatkuvana tahdistettuna prosessina suuren kysynnän vuoksi. (Haghsheno et al. 2016) 1900-luvun alussa tahtimenetelmiä käytettiin Henry Fordin toimesta liukuhihnatuotannon optimoimisessa, jonka avulla silloisen T-mallin Fordin läpimenoaikaa saatiin pudotettua murto-osaan ja sen seurauksena autoja pystyttiin tuottamaan entistä halvemmalla. (Womack 2004) Autoteollisuuden jälkeen tahtimenetelmiä kehitettiin ja otettiin käyttöön 1930-luvun lopussa Saksassa lentokoneteollisuuden kysynnän kasvaessa ja näihin aikoihin osaamista tahtimenetelmien käyttöön siirtyi Japaniin Saksan lentokoneteollisuuden ja Mitsubishiin yhteistyön kautta. (Womack 2004; Haghsheno et al. 2016)

Teollisuudessa *tahti* määritellään asiakkaan tarpeen mukaan tuotekohtaisesti. (Hopp & Spearman 2008) Tahdin tarkoitus on tyydyttää asiakkaan tarve ja tuottaa tiettyä tuotetta siinä tahdissa kuin asiakas niitä tarvitsee. Tahti myös luo edellä mainitun Lean-filosofian mukaisen virtauksen prosessille, joka edesauttaa tahdistetun prosessin mahdollisten ongelmakohtien havaitsemisen ennakkoon (Liker 2004.)

Rakennusteollisuudessa ensimmäiset merkinnät tahtimenetelmien käytöstä on Sveitsin Freiburgista Grandfey-Viaduct-sillan rakentamisesta vuonna 1857 ja Yhdysvalloista Empire State Buildingin rakennustöistä 1930-luvulta. (Willis & Friedman 1998; Marti et al. 2001) On kovin erikoista, miten tahtimenetelmien käyttö ei ole saavuttanut vielä rakennusosalalla yhtä suurta käyttöastetta kuin autoteollisuudessa, jossa ne ovat täysimittaisesti käytössä. Syynä voi olla rakennusalan siiloutuminen kansallisesti ja samalla myös alalla toimivien tahojen haluttomuus läpinäkyvyyden lisäämiseen. Läpinäkyvyyden parantamisen esteeksi on maailmalla todettu mm. järjestäytyneen rikollisuuden kytkeytyminen rakennusosalalle (Edwards 2015; New York Times 1988; Rakennuslehti 2012.)

Rakennuslalla on viime vuosina alettu kiinnittää enemmän huomiota tahtimenetelmien käytön tutkimiseen. Tätä ennen tahtimenetelmiä on vältetty perustellen rakentamisen olevan muuta teollisuutta monimutkaisempaa ja projektiluontoisuutensa takia mahdotonta tahdistaa. Todellisuudessa suurin ero on työn ja työntekijöiden roolissa sekä sijainnissa itse rakennusprosessissa. Siinä missä teollisuudessa tuote kulkee liukuhihnalla työntekijöiden luokse, kulkee rakentamisessa työntekijä työpisteeltä toiselle (Ballard & Howel 1998.) Ero liukuhihnatuotantoon on selkeä, mutta toimintaa uudelleen mietittäessä eri työvaiheita pystytään miettimään ja määrittelemään huomattavasti nykyistä tarkemmalle tasolle, jolloin työntekijät voivat mennä liukuhihnamaisesti oikeassa järjestyksessä työpisteeltä toiselle.

International Group for Lean Construction -yhteisön artikkelissa Bulhões et al. (2005) määrittivät tahtimenetelmät ensimmäistä kertaa käytännönläheisesti ja tämän jälkeen mm. Dlouhy et al. (2016), Frandson et al. (2013;2014;2015) ja Seppänen (2014) ovat käyttäneet tahtimenetelmiä tutkimuksissaan. Silti Lean-rakentamisesta ja tahtimenetelmistä yleisesti puhuttaessa kovin usein toistetaan sanaa tahtiaika ja pyritään vain sen ympärillä, vaikka todellisuudessa tahtiaika on vain yksi osa tahtimenetelmiä ja niiden avulla luotua tuotannon prosessimaista virtausta.

4.2.1 Takt Time Planning

Yksi tapa kuvata näitä tahtimenetelmiä tulee Yhdysvalloista Kalifornian osavaltiota, jossa rakentamisen tuottavuuden parantamista on tutkittu University of California, Berkeleyssä. Vuonna 2013 Frandson et al. esittivät Takt-Time-Planning (TTP) nimisen menetelmän, jonka avulla pystyttäisiin luomaan työlle jatkuva virtaus, jota Ballard (1999) ja Tsao et al. (2004) pyrkivät jo omissa tutkimuksissaankin tuomaan rakennuslalle. Kutsun tätä menetelmää tutkimuksessani, joko TTP:ksi tai Kalifornian malliksi. Kaikkien yllä mainittujen tutkimusten päämääränä oli luoda rakennustyömaalle tuotannonohjaussuunnitelma, joka mahdollistaa tasapainotetun työn virtauksen tietyille työvaiheille ennalta määritellyssä aikaikkunassa (Frandson et al. 2015.)

Tuotannonohjaussuunnitelmana toimiva TTP prosessi koostuu Frandson et al. (2013) mukaan kuudesta osasta, jotka ovat (1) **datan/tiedon kerääminen**, (2) **tahtialueiden -ja ajan määrittäminen**, (3) **työvaiheiden ja niiden järjestysten määrittäminen**, (4) **yksittäisten työvaiheiden kestojen määrittäminen**, (5) **työn virtauksen tasapainotus**, (6) **tuotantoaikataulun viimeistely**. Näistä kuudesta osasta koostuva prosessi on iteroituva vaiheissa 1-5, koska näissä vaiheissa tehdyt muutokset voivat vaikuttaa prosessin edeltäviin vaiheisiin.

(1) Datan/tiedon kerääminen

Tiedon keräysvaiheessa pyritään saamaan mahdollisimman tarkkaa tietoa kaikilta tuotanto-organisaatioon kuuluvilta jäseniltä työvaiheisiin, -menetelmiin, -menekkeihin ja kestoihin liittyen. Tietoa kerätään toimijakohtaisesti sekä yhdessä toimijoiden kesken, jotta tieto saataisiin mahdollisimman täydellisenä ja samalla myös

välitettyä mahdollisimman laajalti koko tuotanto-organisaation kesken. Yksittäisiin työvaiheisiin liittyvien tietojen ohella myös projektia koskevat virstanpylväät ja muut yhteiset tavoitteet ovat suuressa roolissa tietoa kerätessä. Tiedon kerääminen ja välittäminen ovat jatkuvaa koko projektin ajan ja se on ratkaisevassa roolissa prosessin muita vaiheita suunniteltaessa, jotta päätöksiä pystyttäisiin tekemään oikean tiedon pohjalta.

(2) tahtialueiden -ja ajan määrittäminen

Tahtialueen –ja ajan määrittäminen tehdään edeltävän vaiheen tietojen perusteella määrittelemällä se työvaihe, joka toimii pullonkaulana prosessiin nähden. Pullonkaulana toimiva työvaihe määrää kaikille muille työvaiheille muodostuvan yksittäisen työalueen (tahtialue) ja työvaiheen kestoajan (tahtiaika).

(3) työvaiheiden ja niiden järjestysten määrittäminen

Kaikkien projektissa esiintyvien työvaiheiden määrittelyn jälkeen työvaiheet järjestetään mahdollisimman loogiseen ja kaikille osapuolille toimivimpaan järjestykseen.

(4) yksittäisten työvaiheiden kestojen määrittäminen

Yksittäisten työvaiheiden kestoja pyritään vielä määrittelemään mahdollisimman tarkasti, jotta työvaiheiden väliset vaihdot saataisiin sujuviksi.

(5) työn virtauksen tasapainotus

Edeltävien kohtien pohjalta pyritään koko prosessi tasapainottamaan siten, että jokainen työvaihe etenisi virtaviivaisesti ja odottelu saataisiin minimoitua. Tämä tapahtuu mm. työvaiheiden resursseja säättämällä, työvaiheita yhteen niputtamalla ja työvaiheiden järjestystä hienosäätämällä sekä tahtialuetta optimoimalla. Työn virtauksen tasapainotus pakottaa prosessin iteroitumaan, koska edeltävissä vaiheissa määriteltäisiin kokonaisuuksiin tulee väkisin muutoksia.

(6) tuotantoaikataulun viimeistely

Tuotantoaikataulu pystytään viimeistelemään ja hyväksymään vasta sitten kun jokainen tuotanto-organisaation jäsen on todennut suunnitelman olevan toteutettavissa ja organisaation on hyväksynyt suunnitelman yksimielisesti.

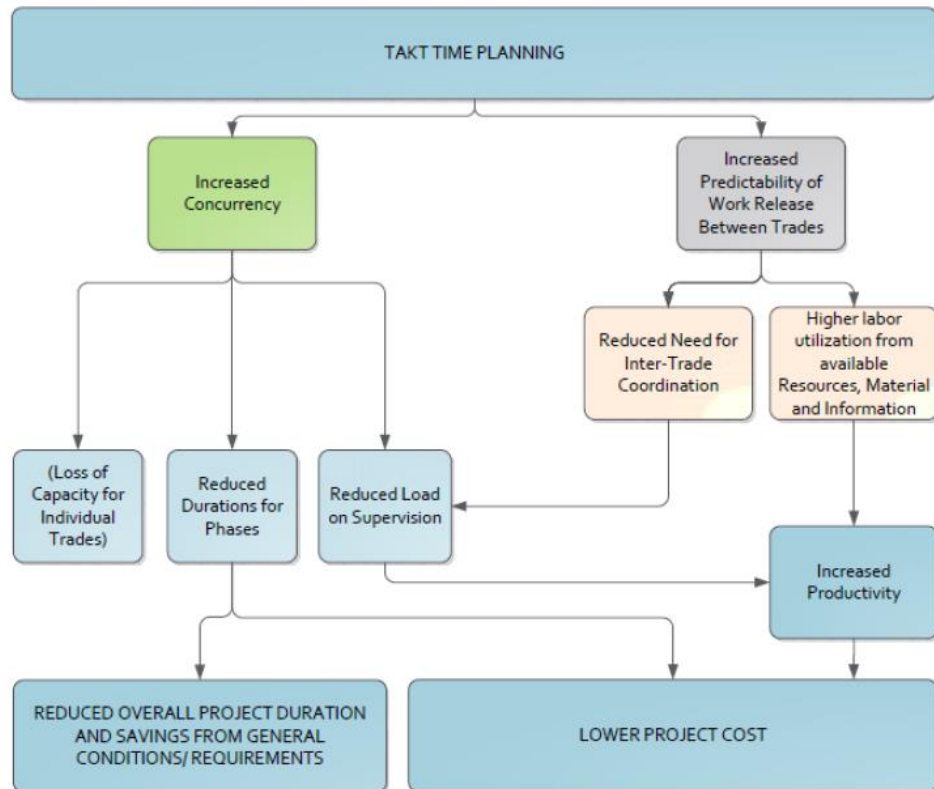


Figure 1: Expected Benefits & Costs from Takt Time Planning

Takt time planning typically increases concurrency as illustrated in Figure 2 below.



Figure 2: Increased concurrency of trades to eliminate WIP and reduce duration

Kuva 4 Kalifornian mallin hyödyt (Linnik et al. 2013)

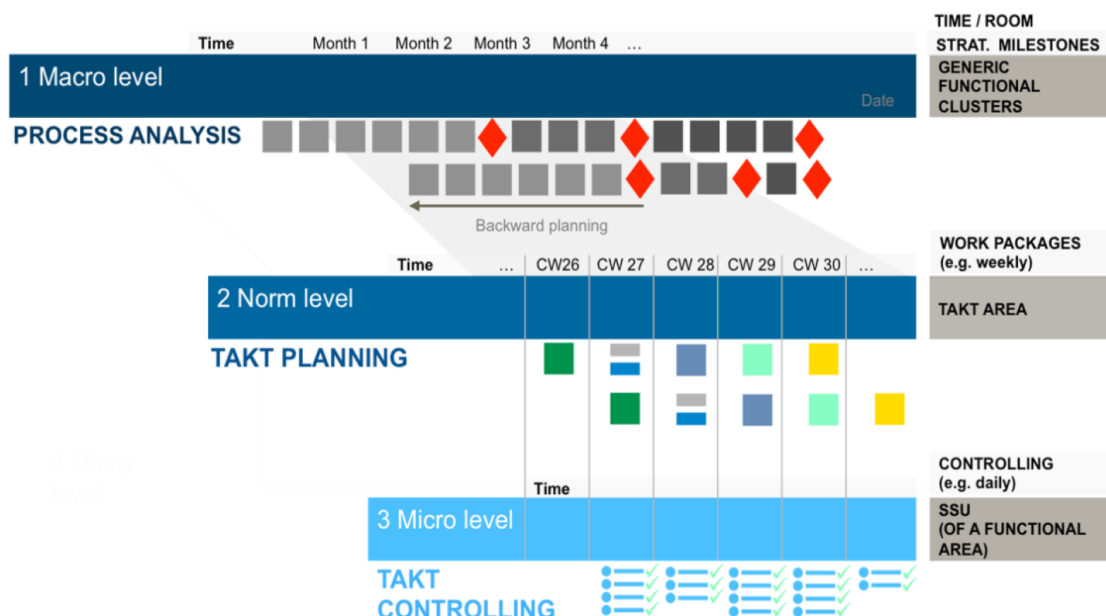
Kuvassa 4 on yllä kuvattuna prosessikaavion kautta Kalifornian mallin luomat vaikutukset projektin sisällä. Suurina vaikutuksina mainitaan työvaiheiden välisten vaihtojen ennakoitavuuden parantuminen ja samalla projektilla olevien toimijoiden välisen sopimisen selkeytyminen. Ennakoitavuuden kautta Linnik et al. (2013) näkevät erillisten työvaiheiden välisen koordinoinnin vähentyvän sekä paremman käytössä olevan tiedon, materiaalin ja resurssien käytön, joka johtaa parempaan tuottavuuteen. Toimijoiden välisen sopimisen selkeytyminen ja yksittäisten toimijoiden koordinoinnin vähentyminen vaikuttavat suoraan työnjohtajien kuormitukseen. Näiden edellä mainittujen ja niistä seuraavien välillisten vaikutusten ansiosta TTP-mallia käyttävillä projekteilla pystytään saavuttamaan alhaisemmat projektikustannukset sekä lyhyempi projektin läpimenoaika niin parem-

mallalla laadulla kuin myös kokonaisvaltaisesti paremmin vastaamaan sille asetettuja vaatimuksia (Linnik et al. 2013.) Kuvan 4 alaosassa oleva kuva TTP-projektin aikataulusta kuvaa sen yksinkertaisuutta ja helppolukuisuutta. Selkeästi pohjakuvaan värikoodeilla merkatut tahtialueet ja niiden sisällä tehtävät työvaiheet aikatauluineen pystytään katsomaan yhdellä vilkaisulla yhdestä kuvasta. TTP-projektin aikataulun visuaalinen esitys on juuri niin yksinkertainen kuin miltä se näyttää, vaikka kuvassa 4 oleva aikataulu kuvaa projektia, joka on monimutkainen sairaalahanke.

Tähän päivään mennessä TTP:ia hyödyntäviä projekteja on tehty onnistuneesti San Franciscon lahden alueella ja menetelmää on kehitetty jatkuvasti eri pilottihankkeiden yhteydessä. Tutkimuksissa on korostettu yhteistoimintaa projektin sidosryhmien välillä sekä erityisesti työmaan tekijäorganisaation aktivoimista ja jo suunnitteluvaiheessa mukaan ottamista (Frandsen, et al. (2013;2014); Frandsen & Tommelein 2016.) Empiirisen tutkimuksen tapauksissa perehdytään vielä Kalifornian malliin tarkemmin niin haastatteluiden kuin myös havainnoin avulla.

4.2.2 Takt Planning ja Takt Control

Toista vallitsevaa tapaa kuvata tahtimenetelmiä rakentamisessa käytetään Etelä-Saksassa, jossa ne koostuvat Dlouhyn (2018), mukaan tahtisuunnittelusta ja tahtikontrollista. Tätä mallia kutsun tutkimuksessani Etelä-Saksan malliksi ja se on kehitetty Karlsruhe Institute of Technology:ssä. Tahtisuunnittelulla tarkoitetaan sitä prosessia, jossa projekti jaetaan tahtialueisiin, työvaiheisiin ja tahtiaikaan. Tahtikontrollilla tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joilla tahtisuunnittelussa määritellyt tahtialueita, työvaiheita ja tahtiaikaa seurataan. (Haghsheno et al. 2016; Dlouhy et al 2016) Tahtisuunnittelu jaetaan vielä kahteen osaan: Macro ja Norm. Macro-taso kuvaa prosessia yleiseltä tasolta ja kiinnittää huomiota projektin sisällä oleviin virstanpylväisiin ja Norm-taso pureutuu tarkemmin projektin sisällä oleviin työvaiheisiin ja niiden suorittamiseen virstanpylväiden saavuttamiseksi. Tahtikontrollia kuvataan Micro-tasolla, jossa työvaiheita seurataan suoraan operatiiviselta suorittavalta tasolta (Dlouhy et al. 2016.)



Kuva 5 Tahtimenetelmien kolme eri tasoa. (Dlouhy et al. 2016)

Kuvassa 5 esitetty tahtimenetelmien jako kolmeen eri osaan perustuu Hackertin (1973) kolmijakoon: suunnittelu, toteutus ja toteutuksen valvonta sekä Best & Wethin (2005) määritelmään, jonka mukaan kolmelle tasolle jaoteltu projektin vastuu helpottaa tiedon jakamista eri sidosryhmien välillä. Näitä kolmea eri tasoa voidaan myös ajatella strategisena, taktisena ja operatiivisena tasona, jotka hyvin kuvaavat toimintaa näillä tasoilla.

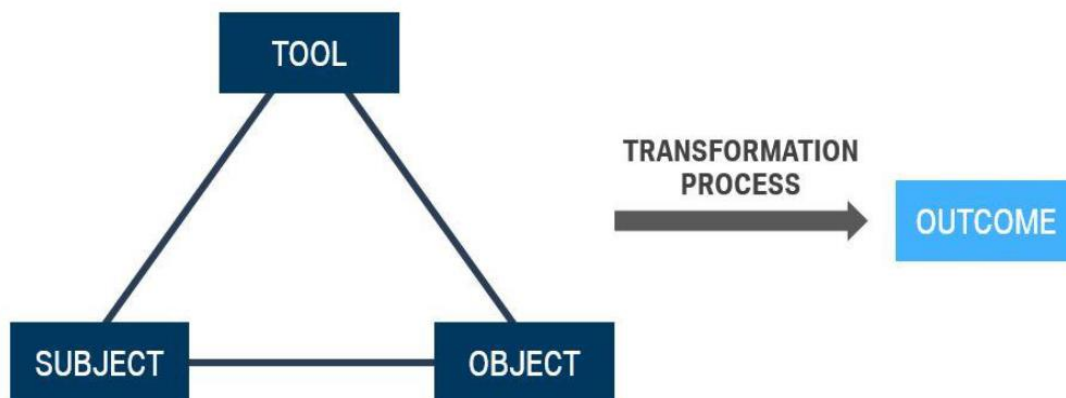
Macro-taso (Prosessianalyysi):

Dlouhy et al. (2016) määrittelyn mukaan tällä tasolla projekti jaetaan funktionaalisiin osiin prosessianalyysimäisesti työvaiheiden avulla siten, että nämä funktionaaliset osat osataan määrittellä työvaiheiden avulla, ja että strategisesti tärkeät virstanpylväät pystytään saavuttamaan. Virstanpylväät määritellään usein asiakkaan tarpeiden mukaan. Yksi virstanpylväs voi olla esimerkiksi tietty osakokonaisuus rakennuksesta, joka pitää saada toimintaan ennen kuin rakennus on kokonaisuudessaan valmis. Projektin sidosryhmien tiiviin yhteistyön avulla pystytään löytämään projektin aikaiset riippuvuudet sekä mahdolliset ristiriitaisuudet saadaan nostettua esiin ja näihin pystytään varautumaan, jotta virstanpylväät saavutetaan (Dlouhy et al. 2016.) Prosessimaisen ajattelun avulla työvaiheita osataan määrittellä ja optimoida eri rakennusvaiheille ja olemassa olevaa tietoa edellisistä projekteista voidaan hyödyntää näiden funktionaalisten osien määrittelyssä.

Norm-taso (Tahtisuunnittelu):

Norm-taso peilaa Macro-tasosta määritellyt raamit tahtisuunnittelulle ja keskittyy asiakkaalle tuotettavaan lisäarvoon. Tasapainoisen ja tasavertaisesti jaotellun rakennusprosessin suunnittelemiseksi Macro-tasolla määritetyt funktionaaliset alueet jaetaan vielä pienempiin tahtialueisiin, joita apuna käyttäen määritellään jokaiselle työvaiheelle standardoidut tilayksiköt, joista Dlouhy et al. (2016) käyttävät nimitystä Standard Space Unit

(SSU). Ennalta määritellyissä työvaiheiden järjestyksessä näitä SSU:ita voidaan vielä jakaa pienempiin osiin ja tehdä valmiiksi toisistaan riippumatta. SSU:iden tarkka määrittely ja määrittelyiden tallentaminen helpottavat tulevaisuudessa tätä prosessin vaihetta. Samat SSU:t voivat eri tahtialueilla olla eri järjestyksessä riippuen siitä, mitä kaikkea tietty tahtialue sisältää. Työvaiheita määritettäessä Dlouhy et al. (2016) käyttävät apuna kuvaajaa, joka on nähtävissä kuvassa 6.



Kuva 6 Työvaiheen määrittely prosessi Engeström (1987) mukaan. (Dlouhy et al. 2016)

Engeström (1987) kuvaa työvaiheen muodostumista kolmen tekijän kautta. **Subject** kuvaa työn tekijöitä, **Object** SSU:ita ja **Tool** työvaiheessa tarvittavaa kalustoa. Näistä muodostuu työvaiheen kokonaisuus, jota pystytään säätämään näiden kolmen tekijän avulla ja vaikuttamaan esimerkiksi työvaiheen läpimenoaikaan tai laajuuteen. (Dlouhy et al. 2016)

Työvaiheita suorittavia tiimejä kutsutaan kuvainnollisesti **vaunuiksi** ja yhtä tahtialuetta läpimenevää työvaiheiden joukkoa **junaksi**. Juna koostuu tahtialueelle määritellyistä työvaiheista (vaunuista) halutussa järjestyksessä. Tahtialue on valmis junan kuljettua sen läpi. (Dlouhy et al. 2016) Tahtialueiden järjestys eli se järjestys, jossa rakennusprojekti suoritetaan, määräytyy tahtialueiden priorisoinnin mukaan eli lopulta asiakkaan määrittelemän tarpeen mukaan. Macro-tason suunnitelmat ovat suurelta osin täysin projektikohtaisia, koska asiakkaiden vaatimukset ja tarpeet määräytyvät projektikohtaisesti. Norm- ja Micro-tasolla luotu tietämys ja vaihtelevuuksista oppiminen ovat puolestaan suoraan siirrettävissä tulevien projektien suunnittelun avuksi (Dlouhy et al. 2016.) Norm- ja Micro-tasolla luodun tiedon ja tietämyksen hallinta sekä sen eteenpäin siirtäminen vaatii selkeää yhtenäistä toimintatapaa ja ohjeistusta.

Dlouhy et al. (2016) korostaa, että tahtisuunnitelman avulla pystytään näkemään käynnissä olevan työn määrä ajan ja tilan funktiona, joka helpottaa toistuvien työvaiheiden suunnittelua esimerkiksi kerrostalossa, jossa tahtialueeksi on jaettu huoneisto, joka toistuu osittain läpi talon. Tällöin yhdelle tahtialueelle määritellyt työvaiheet voidaan monistaa toisille samanlaisille. Toistuvuuden avulla pystytään myös ennakoimaan tietovirtojen

tarvetta esimerkiksi suunnitelmien ja materiaalien osalta. Myös toistumattomien työvaiheiden tahdistus on mahdollista, mutta niitä voi myös yrittää jättää puskuriksi, mikäli tahdistus sisältää kriittisiä kokonaisuuksia, jotka voivat aiheuttaa virtauksessa ongelmia tai työvaiheet ovat muuten liian vaikeita tahdistaa (Seppänen 2014; Dlouhy et al. 2016; Hamzeh 2008.)

Micro-taso (Tahtikontrolli):

Micro-tasolla jalkautetaan Norm-tasolla määritettyjen työvaiheiden, tahtialueiden ja tahtiajan muodostama prosessi ja puretaan se vielä tarkempiin osiin itse rakentamisen ja sen ohjaamisen avulla. Kuten Dlouhy et al. (2016) tähdentää, yhteys Norm- ja Micro-tason kanssa pysyy yhtenäisenä työvaiheiden ja projektin edetessä.

Työvaiheiden suunnittelua tarkennetaan vielä jokaiselle tahtialueelle tahtiajan mukaisesti yhdessä jokaista työvaihetta edustavan tahon kanssa. (Dlouhy et al. 2016) Eli käytännössä pääurakoitsijan toimesta siten, että aliurakoitsijat ovat mukana suunnittelussa ja lopputuloksena saavutetaan yhteinen suunnitelma, jota kaikki pystyvät noudattamaan.

Töiden suorittamista johdetaan ja ohjataan päivittäisten noin 15 minuutin tahtitapaamisten avulla, joissa käydään läpi töiden eteneminen tulevien työvaiheiden vaihdot sekä se, onko havaittavissa esteitä ja jos on, selvitetään mistä ne johtuvat ja miten ne saadaan korjattua. (Dlouhy et al. 2016) Päivittäisissä tahtitapaamisissa on aina mukana jokaista työvaihetta tekevän urakoitsijan edustaja. Dlouhy et al. (2016) saivat inspiraation näihin päivittäisiin tahtitapaamisiin ja niiden malliin päivittäisjohtamisen mallista, jota käytetään Lean-filosofian mukaisesti tehdasmaisessa tuotannossa.

Dlouhy et al. (2016) korostavat tahtitapaamisissa tuotannon sen hetkisen tilanteen visualisointia ja dokumentointia. Tapaamisissa pyritään luomaan mahdollisimman tarkka sen hetkinen tilanne työmaalta käymällä jokainen työvaihe sen edustajan ja muiden toimijoiden kanssa yhdessä läpi esimerkiksi seinälle kiinnitetyn fyysisen tahtiaikataulun kanssa läpi. Tahtitapaamiset koostuvat kahdesta tärkeästä osasta, joista ensimmäinen on nykyisen tuotannon tilanteen dokumentointi tässä hetkessä ja toinen on työsaavutuksen mittaus ja vertaus Norm-tasolla asetettuihin vaatimuksiin ja näissä pysymiseen (Dlouhy et al. 2016.)

4.2.3 Tahtimenetelmien mahdollisuudet ja toimivuuteen vaikuttavat tekijät

Edellisessä kappaleessa mainittujen toimintamallien tuomia mahdollisuuksia nostettiin case -hankkeista tehdyissä tutkimuksissa esille. Kalifornian mallia oli käytetty erityisesti suurissa sairaalahankkeissa Pohjois-Kaliforniassa San Franciscon lahden alueella sekä

Norjassa yhden urakoitsijan toimesta kolmessa eri hankkeessa. Etelä-Saksan mallia oli käytetty pääsääntöisesti saksalaisen autoja valmistavan yrityksen BMW:n omissa tehdas-hankkeissa maailmanlaajuisesti, Baijerilaisen urakoitsijan Weisenburger GmbH:n ja muutamien muiden BMW:n kanssa yhteistyötä tehneiden urakoitsijoiden toimesta.

P2SL tutkimusryhmä aloitti tahtimenetelmien testaamisen Anderson Lucchetti Women's and Children's Center (WCC) -sairaalan julkisivujen asennuksesta. Tämä työ pystyttiin irrottamaan muusta tuotannosta ja työvaiheen tarkemmasta tuotannonsuunnittelusta oli jo ennalta kokemusta. Lisäksi työstä pystyttiin luomaan selkeitä työpaketteja ja työlle toistuvuutta (Frandsen et al. 2013.) Aluksi tahdistuksessa oli paljon haasteita ja ensimmäisestä kolmesta tuotantosuunnitelmasta jäätin jälkeen, mutta tämän jälkeen kaikki loput saatiin tehtyä suunnitelman mukaan. Suurimpina haasteina oli luopua vanhoista tavoista ja luoda uusia toimintatapoja sekä luottaa niiden toimivuuteen. Haastetta asetti myös yhteistyön tekeminen eri toimijoiden kanssa. Tutkijat toteavatkin, että *”mikäli haluat parantaa tuotannon tehoa hieman, tulee sinun tehdä myös hieman kovemmin töitä, mutta jos haluat tehostaa tuotantoa dramaattisesti, tulee sinun tehdä tiiviimmin yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa.”* (Frandsen et al. 2013, s. 534)

Frandsen et al. (2013) korostavat erityisesti avoimuutta, tiedon vaihtamista sekä tarkkaa suunnittelua kaikkien työryhmien välillä siitä mitä oikeasti ollaan tekemässä. Lopulta itse julkisivujen asennustyö saatiin tehtyä suunnitellun 11 kuukauden sijaan 5 kuukaudessa. Työvaiheet pääsivät liikkumaan pieniksi pilkokuilla tahtialueilla nopeasti ja hyvin kontrolloidusti. Tuotantonopeus pystyttiin pitämään korkeana, vaikka alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen asennustapaa jouduttiin muuttamaan ja joitain ylimää räisiä lisätöitä tuli työn aikana. (Frandsen et al. 2013) Tarkasti tehty työvaiheiden suunnittelu näytti siis toimivan hyvin myös muutosten sattuesssa, koska tällöin muutokset pystyttiin prosessoimaan jo suunniteltujen työvaiheiden läpi jo hallussa olevia tietoja ja hyvää yhteishenkeä hyödyntäen.

Frandsen & Tommelein (2016) testasivat tahtimenetelmiä myös keskisuuren sairaalahankkeen sisävalmistusvaiheessa. Tahtimenetelmien käytössä esiintyi haasteita mm. aikataulun kireyden ja tuotannonsuunnittelun vähäisen ajan vuoksi. Haasteita asetti myös paikalla tehtävien työvaiheiden ja valmisosien yhteensovittaminen sekä tämän ennakointi. Frandsen & Tommelein (2016) havaitsivat erikoisen ilmiön, jossa oletettiin, että valmisosan myöhästyminen näkyisi suoraan korrelaationa sille, että sitä edeltävät valmistelevat työvaiheet olisivat valmiita ajallaan ja joutuisivat odottamaan valmisosaa. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että tässä projektissa valmistelevia työvaiheita tekevät työryhmät eivät tehneetkään töitä valmiiksi etukäteen, vaan ne saatiin valmiiksi vasta juuri ennen myöhästyneen valmisosan asennusta. Tämä aiheutti haasteita tilastollisen materiaalin vertailussa ja sitä pyrittiinkin tulkitsemaan inhimillisenä tapana toimia siten, että mikäli jotain ei ole pakko tehdä tiettyyn aikaan mennessä ei sitä välttämättä tehdä. Tärkeänä havaintona hankkeessa oli ennalta toteuttamiskelvottoman aikataulun muuttaminen

tahtimenetelmien avulla toteutuskelvolliseksi, joka jo itsessään korostaa tahtimenetelmien avulla saatavia hyötyjä tuotannonsuunnittelussa. Tahtimenetelmiä käytettäessä korostui myös kokonaisuuden hallinta. Etenkin paikalla tehtävien ja valmisosien tarkka yhteensovitus sekä tuotannonsuunnittelu kokonaisuutena nousi suureen rooliin. Kuten Frandson (2015) toteaa artikkelissaan ylimääräisten aikapuskureiden lisääminen muualle kuin tuotannon pullonkaulana toimivien työvaiheiden suorittamiseen ei tehosta läpimenoaikaa tai toimintavarmuutta, vaan vain siirtää mahdollisia ongelmia. Yhtenä tärkeänä havaintona Frandson & Tommelein (2016) nostivat esille strategisesti merkittävien työkokonaisuuksien ja työvaiheiden ennalta määrittelyn, jotta tietyillä tahtialueilla, joissa eri työkokonaisuudet kohtaavat tulisi pystyä jo ennalta varaamaan aikaa mahdollisten ongelmien ratkaisua varten. Esimerkkinä voi toimia alue, jossa sisävaiheen työt, julkisivu- ja vesikattotyöt kohtaavat.

Kalifornian sairaalahankkeissa esille nousi myös Bergheden (2018) mukaan työntekijöiden esimiesten rooli suunnittelunohjauksessa. Suunnittelunohjaukseen osallistuneet nokkamiehet ja heidän yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa luomat BIM-mallit⁵ mahdollistivat ongelmien esille noston hyvissä ajoin, jolloin nämä ongelmat saatiin myös ratkaistua ennen asennustöiden aloitusta. (Berghede 2018) Yhteistyön kautta molemmat osapuolet oppivat toisiltaan ja saivat parannettua keskinäistä luottamusta toisiinsa. Samalla suunnittelussa ja sen ohjauksessa pystyttiin huomioimaan eri suunnittelijat kuten ARK-, RAK ja LVISA-suunnittelijat sekä näihin liittyvät tekijät kokonaisuutena. Yhteistoimintaa pyrittiin korostamaan Big Room-työtilalla, jonka avulla saatiin luotua koko projektiorganisaatiosta yhtenäinen kokonaisuus. Tämä kaikkien toimijoiden kokonaisuutena näkeminen lisäsi yhdessä tekemisen tunnetta ja loi hyvän ilmapiirin, joka edesauttoi haastavien kokonaisuuksien ratkaisuisissa.

Norjalainen suurehko rakennusliike oli testannut Kalifornian mallin mukaisia tahtimenetelmiä yhteensä kolmessa erikokoisessa kohteessa vuoteen 2016 mennessä. (Vatne & Drevland 2016) Ensimmäisessä projektissa rakennusliike käytti menetelmiä yliopistollisen sairaalan siiven rakennustöissä. Projektin aikana koettiin haasteita ja lopulta vain 32 % suunnitelluista työpakettien aloituksista toteutui aikataulussa, mikä johti siihen, että vain 35 % työpaketeista valmistui ajallaan (Smiseth 2013.) Tahtimenetelmien puolesta hanke oli vain osittain onnistunut ja monet projektissa mukana olleet henkilöt pitivät sitä hieman liian haastavana tahtimenetelmien testaamiseen. (Vatne & Devland 2016) Toisessa projektissa rakennusliike käytti menetelmiä rivitaloalueen rakentamiseen. Toinen projekti onnistui huomattavasti paremmin ja mitattavia hyötyjä saatiin niin läpimenoaikojen lyhentymisessä kuin myös säästöinä rahassa (Mordal 2014.) Toteutuneita säästöjä oli helppo mitata, kun vertailtiin kahta identtistä rivitaloa, joista toinen suoritettiin tahtimenetelmiä käyttäen ja toinen perinteistä tuotannonohjausta käyttäen. Näiden projektien jälkeen havaittiin silti joitain haasteita tahtimenetelmien ja perinteisen rakennuskulttuurin

⁵ BIM-mallilla tarkoitetaan rakennuksen tai sen erillisosan tietomallia, joka sisältää 3D-visualisoinnin kohteesta ja mahdollisuuden simulaatiolle sekä mahdollisia tuotetietoja, riippuen mallin tarkkuudesta.

välillä, mitä ei kuitenkaan artikkelissa tarkemmin avattu (Vatne & Devland 2016.) Kolmannessa projektissa tahtimenetelmiä pyrittiin hyödyntämään Euroopan suurimmassa massiivipuuprojektissa. (Egge & Nilsen 2016) Hanke piti sisällään viisi 9-kerroksista taloa, joiden kahdeksan ylintä kerrosta sisälsivät yhteensä 632 opiskelija-asuntoa. Hankkeessa päätettiin käyttää tahtimenetelmiä, koska niistä oli edellisissä projekteissa saatu jo käytännön kokemusta ja koska hankkeeseen saatiin tuttuja tekijöitä edellisistä projekteista, joille menetelmät olivat ennalta tuttuja. Tahtimenetelmien käyttöä edesauttoi myös erittäin tiukka aikataulu, joka edellytti ensimmäisten kolmen talon valmistumista ennen koulujen alkamista syksyllä 2016. Projektin luonne ja toistuvien työpakettien luomisen mahdollisuus vaikuttivat myös myönteisesti tahtimenetelmien käyttöönottoon (Vatne & Devland 2016.) Kuten edellisissä projekteissa ja suuressa osassa Kalifornian esimerkkejä, myös tässä projektissa tahtimenetelmiä käytettiin suurimmaksi osaksi rakennusten sisävalmistusvaiheessa.

Etelä-Saksan mallin käyttökohteista suurin osa on BMW:n omien tehtaiden rakennustyömailta. Suurena ajurina tahtimenetelmien hyödyntämiseen heillä on ollut tehtaiden tuotannon käynnistäminen mahdollisimman nopeasti. Tämän vuoksi aikataulutuksen ja tuotannonohjauksen kehitykseen on haluttu panostaa suuriakin summia rahaa, koska mitä nopeammin tehtaan tuotanto voidaan aloittaa, sitä nopeammin BMW saa autoja myyntiin.

Dlouhy (2018) kertoi LCI-päivillä Helsingissä, kuinka tahtimenetelmien käytössä pitää ottaa huomioon rakennusprojektin laajuus. Dlouhy (2018) jakaa projektit pitkäaikaisiin suurprojekteihin *Large scale projects* ja nopeisiin muutostyöprojekteihin *Fast track projects*, joiden toteutuksen suunnittelussa tahtimenetelmien käyttö eroaa huomattavasti. Suurprojekteissa pyritään näkemään projektin kokonaiskuva katsomalla projektia laaja-alaisesti ja tahtimenetelmien tarkoituksena on harmonisoida ja tasapainottaa projektia esimerkiksi eri välitavoitteiden ja niihin liittyvien tarkennettujen toimintasuunnitelmien muodossa. Nopeissa muutostyöprojekteissa puolestaan jokainen työvaihe pyritään pilkkomaan mahdollisimman pieniksi osiksi ja sitä kautta selvittämään ja tarkastelemaan työvaiheiden välisiä riippuvuuksia, päällekkäisyyksiä ja mahdollisia muita tapoja tehdä sama työvaihe tai työvaiheet (Dlouhy 2018.)

Suurprojektina Dlouhy (2018) mainitsi Meksikoon tehdyn uuden autotehtaan, jota varten niin tuleville työntekijöille kuin myös rakentajille rakennettiin koulutustilat, jossa tekijät koulutettiin tahtimenetelmien käyttöön. Koulutuksen tarjoaminen oli luontevaa, koska autoteollisuudessa saksalaisella insinööriosaamisella optimoituja työvaiheita oltiin jo käytetty rakennusosalalla onnistuneesti. Osaamisen kattavuus tahtimenetelmien käytössä auttoi myös huomattavasti haasteiden voittamisessa sekä toiminnan tinkimättömyydessä (Dlouhy et al. 2016.) Tehtaan valmistuminen aikataulussa ja tästä kiinni oleva autojen tuotanto oli erittäin suuri virstanpylväs, minkä vuoksi BMW oli halukas panostamaan suuria summia työntekijöiden ja rakentajien koulutukseen. Osasyynä oli varmasti myös optimaalinen työvoiman hinta-laatusuhde ja mahdollisuus työllistää paikallisia työntekijöitä rakennusprojektin jälkeen myös itse tehtaassa.

Nopeasta muutostyöprojektista Binninger et al. (2017) käyttävät esimerkkinä autotehtaan paloaseman muutostöitä, jotka tuli saada mahdollisimman nopeasti tehdyksi, jotta paloaseman normaalitoiminta kärsisi mahdollisimman lyhyestä häiriöstä. Tahtisuunnitelma luotiin hyödyntäen edellä mainittua Etelä-Saksan mallia, jossa pääpaino asetettiin Norm ja Micro-tason toiminnalle. Binninger et al. (2017) olivat laatineet alustavan tahtisuunnitelman, joka vielä käytiin urakoitsijoiden kanssa tarkemmin läpi ja jota pyrittiin tehostamaan jokaisen tahtialueen kierron jälkeen. Työn tehostumista paransi myös tekijöiden halu tehdä työvaiheensa paremmin ja nopeammin, joka tarkoitti, että he myös saivat korvauksen työstään nopeammin ja tällöin maksimoisivat tuntiansionsa. Dlouhy (2018) mainitsi näissä *Short track*-projekteissa työvaiheiden läpimenoajan yhdeksi päätavoitteista, mutta korosti sitä, että tällainen toiminta onnistuu vain pienissä hankkeissa eikä sitä tulisi korostaa suurissa projekteissa.

Visuaalisuuden korostaminen aikataulua suunnitellessa ja tuotantoa ohjatessa nousi erittäin tärkeään rooliin. Erityisesti sidosryhmien jäsenten osallistaminen visuaalisen aikataulun tekoon post-it-lappujen ja muiden helposti käytettävien esitystapojen avulla laski projekteissa olevien ryhmän jäsenten kynnystä osallistua ja kertoa omia mielipiteitään sekä sparrata muiden mielipiteitä. (Dlouhy et al. 2016; Frandson 2016; Frandson & Tommelein 2016; Frandson et al. 2013) Edellisissä esimerkeissä käytettiin Big room-tyyppisiä suunnittelu- ja kontrollipalavereita, jotka vaikuttivat toimivan erittäin hyvin nimenomaan yhteenkuuluvuuden ja yhdessä tekemisen korostamisessa. Kaikissa esimerkeissä nostettiin esille osaaminen tahtimenetelmien käytössä. Projekteilla tulisi olla vähintään yksi vetäjä, joka osaa ohjata ja innostaa muita tekijöitä sekä toimia mahdollisissa ongelmatilanteissa ja huolehtia läpinäkyvyyden toteutumisesta, jotta tekijöiden yhtenäinen luottamus säilyisi. Varsinkin ensimmäisissä tahtimenetelmiä hyödyntävissä projekteissa tulisi olla tukihenkilöitä organisaation sisällä, jotka osaavat auttaa tarvittaessa. Esimerkeissä korostettiin lopulta sitä, että itse tekeminen ei hirveästi työmaalla muutu, mutta tekemisen järjestys muuttuu ja suunnitelmallisuus lisääntyy. Näiden asioiden nähtiin korostavan ongelman ratkaisua sekä mahdollisten ristiriitaisuuksien ennakointia.

Tuotantoa helpottavina tekijöinä havaittiin sekä laadun että työturvallisuuden parantuminen, lähinnä paremman ja systemaattisemman ennakkosuunnittelun vuoksi. Laatuun vaikuttavana tekijänä nähtiin myös mahdollisuus aloittaa luovutusvaihe huomattavasti aikaisemmin kuin tavallisen tuotannonohjaussuunnitelman mukaisesti. Asioiden ja itse rakentamisen prosessin läpikäyminen visuaalisin keinoin nähtiin myös lisäävän kaikkien sidosryhmän jäsenten ymmärrystä siitä, mitä ja miksi jotain tehdään, sekä miten mitään tehdään.

5. EMPIIRINEN TUTKIMUS

5.1 Haastattelututkimus kirjallisuustutkimuksen pohjalta

Haastattelu on aineistonkeruumenetelmä, jota voidaan mm. käyttää kvalitatiivisessa tutkimuksessa. (Tuomi & Sarajärvi 2009) Haastattelu on yleinen tapa kerätä laadullista aineistoa ja varsinkin teemahaastatteluista on tullut yleisesti käytetty haastatteluiden muoto. (Eskola & Suoranta 1998) Tutkimuskysymysten eksploratiivisen luonteen vuoksi haastatteluiden muodoksi valikoitui teemahaastattelu, Saunders et al. 2009 ohjeistuksen mukaan.

Teemahaastattelu on puolistrukturoitu, joka tarkoittaa sitä, että haastattelun apuna käytetään etukäteen valmisteluja kysymyksiä. Haastattelu saa silti liikkua vapaammin kysymysten ympärillä kuin täysin strukturoidussa haastattelussa. Teemahaastattelu eroaa syvähaastattelussa siten, että aihepiiristä voidaan keskustella hyvin vapaasti, mutta siten, että haastattelija ohjaa haastattelua (Koskinen et al. 2005.) Huomattavana erona on myös se, että haastattelutilanteiden ei tarvitse vastata toisiaan täysin, vaan niissä saa olla variaanssia. (Saunders et al. 2009) Tämän tutkimuksen sisällä tehdyt haastattelut poikkesivat toisistaan haastattelupaikan, haastattelun keston ja teemojen painopisteiden osalta. Osa haastatteluista pidettiin työmaatiloissa, kun taas osa toimistotalon neuvotteluhuoneessa. Haastatteluiden kesto vaihteli 40 minuutin ja kahden tunnin välillä. Haastatteluiden teemojen painopisteet liikkuiivat haastateltavan roolin mukaan niin työmaatoimintojen kuin hankintatoimen välillä.

Saunders et al. 2009 huomauttavatkin, että teemahaastatteluiden runko saa olla hyvinkin joustava ja, että haastattelutilanteesta riippuen kysymysten järjestystä voi muuttaa tai jättää osia kysymyksistä esittämättä, mikäli se tuntuisi luonteelta sen hetkisessä haastattelussa. Teemahaastatteluissa onkin keskeistä käydä itse teemat läpi jokaisen haastateltavan kanssa, ennemmin kuin pyrkiä muotoilemaan jokainen kysymys sanatarkasti. (Eskola & Suoranta 1998)

5.1.1 Haastattelurungon rakentaminen

Haastattelurunko laadittiin tutkimuskysymyksiin liittyen. Tarkoituksena oli saada haastattelun alussa selvää siitä, kuinka kauan haastateltavat olivat alalla olleet, minkälaisista taustoista he tulevat, mitä lähtötietoja heillä on tahtimenetelmistä ja lopulta saada tietoa siitä mitä he kokisivat tarvitsevansa tahtimenetelmien hyödyntämistä varten ja kokisivatko he sen toimivaksi tavaksi ohjata tuotantoa Skanska Oy:ssä. Kysymysrunko käytiin läpi yliopiston ja Skanska Oy:n ohjaajien kanssa ennen haastatteluja. Alla on kysymysrunko, jonka avulla teemahaastattelut käytiin läpi:

1. Taustakysymykset
 - a. Ikä
 - b. Toimenkuva ja vastualueet
 - c. Työkokemus rakennusosalalla ja mahdollisesti muilla aloilla sekä koulutus-tausta
2. Miten koet rakennusprojektien aikataulutuksen toimivan?
 - a. Oletko havainnut muutoksia urasi aikana? Minkälaisia?
 - b. Kokisitko, että jotain voitaisiin tehdä paremmin tai muuten eri tavalla?
 - c. Miten oma roolisi korostuu rakennusprojektissa ja sen aikataulutuksessa? Mitä haluaisit tehdä eri tavalla vai toimiiko kaikki jo parhaalla mahdollisella tavalla? Onko jotain tiettyä osa-aluetta, joka erottuu muista?
3. Onko sinulla taustatietoa / käsitystä mitä tahtimenetelmät ovat? Jos on niin mitä?
 - Käydään läpi tahtimenetelmiin liittyviä asioita Powerpointin avulla haastattelun aikana
4. Mitä eri tietoja tarvitsisit omaan työhösi tahtimenetelmien hyödyntämiseksi? Mitä? Milloin? Keneltä? Missä muodossa?
5. Pidätkö mahdollisena, että Skanskalla voitaisiin hyödyntää tahtimenetelmiä? Minkälaisissa kohteissa? Missä laajuudessa?
6. Näetkö jotain esteitä menetelmien käytölle? Minkälaisia ja miksi? Miten näitä voitaisiin lieventää tai poistaa kokonaan?
7. Onko sinulla jotain mitä haluaisit, että tutkimuksessa otettaisiin erityisesti huomioon?

Haastattelun alkupään kysymyksillä oli tarkoitus päästä haastateltavien kanssa syvemmälle heidän rooliinsa rakentamisen aikataulutukseen liittyen. Tarkoituksena oli myös pyrkiä näkemään aikataulutukseen liittyviä kehityspolkuja, joita he ovat havainneet sekä nostaa esiin mahdollisia ongelmakohtia ja haasteita, joita he ovat kohdanneet aikataulutuksessa ja tuotannonohjauksessa. Runkoa koostettaessa noudatettiin Koskinen et al. (2005) ohjeistusta, jonka mukaan haastavammat kysymykset tulisi esittää sitten kun haastateltava on avautunut jo hieman. Tämän vuoksi keskivaiheen kysymykset koostuvat itse aiheesta. Aiheen uutuusarvon vuoksi kysymysten apuna käytettiin liitteenä A olevaa tahtimenetelmät pähkinänkuoressa-esitystä, jonka avulla haastateltaville esitettiin menetelmien käyttöä ja ominaisuuksia haastattelun aikana. Haastattelut pyrittiin lopettamaan kysymykseen, jossa haastattelevalla annetaan mahdollisuus kertoa haastattelun aikana tulleita asioita ja ottaa myös kantaa siihen, mitä tutkimuksen seuraavan vaiheen havainnoinnissa olisi hyvä ottaa huomioon.

5.1.2 Haastattelututkimuksen otanta

Haastateltavien otannassa tehtiin täysin harkinnanvaraisesti yhdessä työtä ohjaavan Skanska Oy:n ohjaajan kanssa. Harkinnanvaraista otantaa käytettiin Eskola & Suoranta (1998) mukaisesti, sillä he toteavat, että harkinnanvaraisen otannan käyttäminen laadullisessa tutkimuksessa, varsinkin silloin kun tapausmäärä on pieni, aineiston laatua voi parantaa verratessa satunnaisotantaan. Tuomi & Sarajärvi (2009) mainitsevat myös, että haastateltavien määrää huomattavasti tärkeämpi asia on haastateltavien ymmärrys ja kokemus itse aihepiiristä. Näiden ohjeistusten mukaisesti pyrittiin löytämään sopivia haastateltavia eri sidosryhmistä.

Kuten tutkimuskysymykset ja rajauseroissa mainitaan, myös haastattelujen otannassa pääpaino pidettiin tuotannon projektiorganisaatiossa ja kevyempi painoarvo annettiin suunnittelun ohjaukseen ja hankintatoimeen. Haastateltavien tiedot ja roolit on mainittu seuraavassa taulukossa 2.

Taulukko 2 Kohdeorganisaation edustajat

Haastattelu	Työkokemus	Työnimike ja organisaatio	pvm.
1	30 vuotta	Rakennuspäällikkö / Toimitilat	9.7.2018
2	29 vuotta	Projektipäällikkö / Toimitilat	10.7.2018
3	6 vuotta	Tuoteryhmäpäällikkö / Hankinta	26.7.2018
4	14 vuotta	Kehitysinsinööri / Tuotannon tuki	6.8.2018
5	13 vuotta	Tulosityksikön johtaja / Talotekniikka	9.8.2018
6	25 vuotta	Vastaava mestari / Tuotanto	14.8.2018
7	25 vuotta	LV-asentaja / Tuotanto	14.8.2018
8	6 vuotta	Tuotantoinsinööri / Toimisto	14.8.2018
9	+ 30 vuotta	Kirvesmies / Tuotanto	21.8.2018
10	5 vuotta	Työnjohtaja / Tuotanto	21.8.2018
11	21 vuotta	Vastaava mestari / Tuotanto	21.8.2018

5.1.3 Haastatteluiden analysointi

Haastattelussa saatua aineistoa käydään läpi teema kerrallaan. Haastatteluista saadun aineiston avulla pyritään löytämään sidosryhmien omakohtaisia kokemuksia rakennusprojektin aikataulutuksen kehityksestä sekä heidän näkemyksiä tahtimenetelmien käytöstä kohdeorganisaatiossa. Aineiston pohjalta pyritään myös löytämään sidosryhmien välisiä rajapintoja, mahdollisia tietojen vaihtoon liittyviä kuiluja sekä yhteisiä intressejä, joiden ymmärtäminen ja selvittäminen olisivat tärkeässä roolissa tahtimenetelmien jalkauttamisessa sekä niiden pilotoinnissa kohdeorganisaation yksittäisessä projektissa.

5.1.4 Haastatteluiden yhteenveto ja tulokset

Haastateltavat henkilöt koostuivat kaikki kohdeorganisaation työntekijöistä, jotka edustivat sen eri liiketoimintayksiköitä. Haastattelut kestivät keskimäärin noin yhden tunnin, jonka aikana haastateltavan kanssa keskusteltiin aikataulutuksen kehityksestä heidän työuransa aikana sekä nykytilasta. Tämän jälkeen selvitettiin haastateltavien ennakkotiedot tahtimenetelmistä ja käytiin yhdessä läpi tarkemmin, mitä ne tarkoittavat. Tahtimenetelmien esittelyn jälkeen loppuaika käytettiin niiden tuomien mahdollisuuksien ja haasteiden läpikäymiseen.

Aikataulutuksen kehitys ja nykytila

Aikataulutuksen kehityksestä keskustellessa esiin nousivat enimmäkseen aikataulusohjelmistojen käyttöönotto 1990-luvulla ja näiden kehittyminen jana-aikakaavioesitystavasta vinoviivaiseen paikka-aikakaavioon. Tuotannon edustajat mainitsivat erityisesti ohjelmistojen tuomat visualisointimahdollisuudet ja niiden kehittymisen positiivisen asiana. Hankintaosasto mainitsi hankinta-aikataulun ja yleisaikataulun välisen kuilun, joka johtui yhtenäisen prosessin ja myös yhteisten työkalujen puutteesta. Hankintaan ja tuotantoon sekä suunnitteluun liittyvien tietojen koettiin olevan pirstaleisina eri järjestelmissä. Ongelmaksi koettiin myös uusien tietojen päivittämisen hankaluus sekä erityisesti siihen liittyvä tiedotus.

”Tiedon jakaminen ja välittäminen tuotannon, hankinnan ja suunnittelijoiden kanssa on haastavaa – sidosryhmien välinen yhteistyö on myös kovin henkilöriippuvaista.” 3

”Tiedonvaihdossa hankinnan ja työmaan välillä on paljon eroja, jotka riippuvat ihmisistä. Osa hankinnasta haluaa, että vastaava mestari on mukana hankintojen suunnittelussa ja tekemisessä (prosessissa), mutta usein aika on se joka ei tahdo riittää tähän.” 6

Pitkän työuran omaavat haastateltavat mainitsivat projektien alussa olevan alustavaan aikatauluun käytössä olevan ajan vähentymisen vuosien varrella. He kokivat, että projektien kireät aikataulut ennakkosuunnittelun ja yleisaikataulun laadinnassa vaikuttivat negatiivisesti koko projektin läpiviemiseen ja aiheuttivat sekaannusta pitkin projektia. Eri-tyisesti haasteita nähtiin kiireessä tehdyn yleis-, hankinta- ja suunnitteluajataulun yhdistämisessä, mikä pahimmillaan tarkoitti sitä, että vaillinaisilla tiedoilla tehdyn yleisaikataulun pohjalta tehtiin vääriä päätöksiä tai ei pystytty tekemään päätöksiä ollenkaan. Kokemuksia oli myös projekteista, joissa oli ollut hyvin aikaa alustaville toimenpiteille. Monet haastateltavista sanoivatkin, että projektikohtainen varianssi alussa käytettävän ajan kanssa toi haasteita omien töiden suunnittelulle.

Haasteeksi koettiin myös yleisaikataulujen laadinnassa mutu-tuntumalla tehdyt päätökset sekä yleisaikataulun tärkeyden sivuuttaminen. Osa haasteltavista koki, että aikataulun tekoa ei pidetty tärkeänä itsestään selvänä asiana vaan, että välillä tuntui, että se tehtiin ”pakosta”.

”Yleisaikataulua tehdessä oletetaan paljon asioita, eikä perehdytä tarpeeksi suunnitelmiin, josta johtuu se, että emme aina osaa varautua mahdollisiin ongelmiin vaan sivuutamme tai unohdamme ne – ongelmat tulevat kuitenkin jossain vaiheessa vastaan ja usein silloin on jo liian myöhäistä toimia.” 1

Yleisaikataulun laatiminen koettiin haasteeksi myös osaamisen puutteen vuoksi. Aikataulutushjelman käyttökoulutuksia tekevä kehitysinsinööri mainitsi, että osa koulutettavista henkilöistä ei aina ymmärtänyt aikataulutuksen ja ohjelman käyttämisen eroa. Aikataulujen tekeminen osana tuotannonohjaamisen prosessia nähtiin laskevana trendinä.

”Meillä osataan tehdä paikka-aikakaavio, mutta ei osata suunnitella hyviä aikatauluja eli tehdään ohjelmalla viivat, mutta ei mennä syvemmälle itse aikataulun suunnitteluun.” 4

Aikataulutukseen liittyvien tietojen puuttuminen koettiin myös ongelmaksi. Aliurakoitujen osakokonaisuuksiin liittyvän substanssiosaamisen puute nähtiin myös haasteeksi. Haasteiden syntymiseksi nostettiin esiin prosessien vaillinaisuus.

”Syy ei ole yksittäisissä ihmisissä vaan enemmän prosessissa ja siinä olevissa virstanpylväissä tai niiden puutoksessa.” 2

Puuttuvien tietojen aiheuttamat ketjureaktiot hankintaketjussa koettiin yleisiksi ja niiden myötä muodostunut turtuminen tiedonsaannin puutteisiin koettiin melkein jokapäiväiseksi olotilaksi. Tuotannon tasolla koettiin, että toisinaan hankkeita aloitetaan ilman kunnollista yleisaikataulua.

”Ensin pitäisi kunnolla tietää mitä rakennetaan ja käydä kaikki suunnitelmat läpi. Tarvittaisiin 2- 3 viikkoa minimissään aikaa, tutustua kohteeseen, selvittää määrät, jolloin niiden tietojen pohjalta voitaisiin laatia hyvä alustava aikataulu.” 6

”Jos meillä ei ole valmista yleisaikataulua, emme voi viedä asioita eteenpäin.” 2

Haastateltavat mainitsivat myös haasteeksi työmaan ja konttorin välisen kuilun, joka tuntuu vieläkin olevan olemassa ja vaihtelevan huomattavasti projekteissa olevien henkilöiden mukaisesti. Haaste tunnistettiin molemmissa leireissä ja tämä koettiin suurehkoksi haasteeksi.

”Työmaalle ei välttämättä näy, että koko ajan ollaan yhteydessä suunnittelijoihin ja edistetään suunnittelunohjausta yms. Työmaalla ei tiedetä, että mekin teemme koko ajan työtä.” 2

Toisaalta ymmärrystä myös löytyi sidosryhmien välillä. Tiedon ja läpinäkyvyyden puute tuntuivat silti olevan suuria haasteita. Yhteistyön puute nähtiin osasyynä sille, että aina ei ymmärretty sitä mitä muut sidosryhmät halusivat ja toisinaan usein muiden toimijoiden tekemisiä oletettiin kysymisen ja varmistamisen sijasta.

”Helppoahan meidän on työmaalta sanoa, että suunnitelmien pitäisi olla valmiina. Usein eri toimijoilla on omia haasteitaan. Harvoin johtuu yksittäisestä tekijästä.” 11

Projektista ja sen haastavuudesta riippuen koettiin, että keskivertoprojektissa aikataulutuksen kanssa pärjätään melko hyvin kokemukseen perustuvalla tiedolla. Haastavammissa kohteissa koettiin, että epätietoisuus lisääntyisi ja päätöksiä tehtäisiin vaillinaisen tiedon pohjalta, tai ei tehtäisi ollenkaan, mikäli aikataulut ja tuotannosuunnittelu olisi tehty pelkästään mututuntumalla.

”Kun kaikki enemmän tai vähemmän tietää mitä tehdään asiat sujuvat paremmin.” 9, 10, 11

”Kun työt suunnitellaan hyvin, niin myös tuotanto sujuu helpommin – pystytään välttämään ryntäyskuluja ja kiiretilauksia.” 1

Edellä mainitut kommentit ovat varsin triviaaleja ja päivänselviä, mutta haastatteluiden perusteella koettiin, että perusrakentamisessa pärjätään vastaavan mestarin omalla tietotaidolla hyvin. Kun hänen tietotaitonsa ja/tai resurssinsa eivät enää riitä, alkaa ongelmia nousta esille erityisesti ennakkoinnin puutteesta. Suurissa ja haastavissa projekteissa organisaation osaamiseen ja laajuuteen panostetaan huomattavasti enemmän, jolloin tulevia haasteita pystytään ennakoimaan paremmin. Haasteena koettiin näiden edellä mainittujen tapausten väliin jäävien projektien läpiviemisen tehostaminen ja prosessien parantaminen.

”Hankinnalle asettaa haasteita eri aikatauluohjelmistojen keskustelun puute, joka aiheuttaa tarvittavan tiedon siiloutuminen eri järjestelmiin.” 3

Yhteistyö tuotannon sisällä olevien urakoitsijoiden kanssa nähtiin vähäisenä. Asiasta keskustellessa haastateltavat olivat kuitenkin yhtä mieltä siitä, että yhteistyötä ja urakoitsijoiden sekä yksittäisten työntekijöiden tietotaitoa voitaisiin hyödyntää nykyistä huomattavasti paremmin.

”Monesti kun joltain tulee hyvä idea ja kun sitä jalostetaan yhdessä, niin siitä tulee se paras lopputulos, oli sitten kyseessä aikataulutus, suunnitelmat tai mitä vain - onkin jännää, ettei näitä tarjolla olevia resursseja käytetä tehokkaasti - Työmaan toiminta olisi huomattavasti erilaisempaa, jos näin tehtäisiin.” 4

Aliurakoitsijan näkökulmasta mainittiin, että omia työsuorituksien kestoja voidaan arvioida yläkanttiin, jos pääurakoitsijaan ei luoteta ja pelätään, että syyllistytään jonkinlaiseen aikataulurikkeeseen, joka antaisi vastapelaajalle mahdollisuuden rokottaa. Ylipäätään yhteistyö organisaation sisällä voisi olla vielä paljon parempaa haastateltavien mielestä. Eri yksiköiden väliset kuilut nousivat esiin erityisesti henkilöillä, jotka olivat siirtyneet työmaalta toimistoon. Tämä oli asia, johon koettiin tarvittavan muutosta.

”Työmaa vs. konttori asenteesta pitäisi päästä pois. - Samaa tiimiähän me ollaan ja meidän pitäisi osata toimia OneSkanska periaatteella” 2

Esille nousivat myös organisaation mahdollisuudet yhdessä toimimisesta ja uuden oppimisesta. Yhdessä tekeminen organisaation eri yksiköiden kuten myös alihankkijoiden ja materiaalitoimittajien kanssa koettiin erittäin tärkeäksi.

” Kaikkea ei tarvitse eikä voi osata itse - kannattaisi hyödyntää talon osaamista.”
4

Taustatieto tahtimenetelmistä ja niiden esittely

Suurimmalla osalla haastateltavia ei ollut ennakkokäsitystä tai tietoa siitä mitä tahtimenetelmät, tahtituotanto tai tahtiaikataulu tarkoittavaa. Työmaalla toimivat haastateltavat mainitsivat, että *tahti* kuulosti heidän korvaansa pahalta sanalta ja antoi hieman negatiivissävyytteisen vaikutelman. Kaksi vastaajaa mainitsivat konsulttien tavan mainita tahtituotannosta tavoilla, joista saisi kuvan, että kaikki rakennusliikkeet tekevät asioita väärin ja että tällä konsultointiyrityksellä olisi kaikki äly mitä rakentamiseen tarvitaan.

Kysymyksiä tahtimenetelmistä nousi kaikilla haastateltavilla aihetta läpikäydessä. Esiin nousivat tahtisuunnitelman häiriöherkkyys, rakentamisen toistettavuuden tarve ja logistiset haasteet täsmätoimituksissa sekä sidosryhmien yhteistyön merkitys niin työmaa- kuin toimistotasolla.

Sidosryhmien tietotarpeet tahtimenetelmiä käytettäessä

Eri sidosryhmien edustajien haastatteluiden jälkeen yhteiseksi tekijäksi tietotarpeiden tyydyttämisessä nousi avoimuus, läpinäkyvyys, yhdessä tekeminen ja toimivat tietojärjestelmät. Tahtisuunnitelmaa laadittaessa ja toteutusvaiheessa viimeisimmän ja täydellimmän tiedon varassa ovat tuotannon edustajat. Kaikki tietotarpeet lopulta koostuvat siitä, mitä tuotannossa tehdään ja miten.

Hankinta on lähinnä riippuvainen siitä, mitä pitää tilata ja milloin sitä tuotannossa tarvitaan. Suunnittelu taas on riippuvainen siitä, mitä tilaaja haluaa että tehdään ja miten tämä saadaan tuotua heidän tietoonsa. Näihin eri tietoihin on kuitenkin jokaisella osapuolella, oli se sitten hankinta, suunnittelu tai tuotanto, jonkinlainen yhteys. Sen vuoksi geneeristä mallia tietotarpeista, joka toimisi kohteesta ja sen laajuudesta riippumatta on mahdotonta luoda. Nykyisillä toimintatavoilla pystytään toimimaan, mutta haastateltavat olivat järjestäen sitä mieltä, että tehostamiselle olisi tarvetta ja että tahtimenetelmistä voisi olla siihen apua. He myös kokivat, että tahtimenetelmien avulla näitä tietotarpeita pystyttäisiin kartoittamaan entistä paremmin.

Tahtimenetelmien käyttömahdollisuudet

Jokainen haastateltavista koki, että Skanskalla olisi hyvät edellytykset tahtimenetelmien käytölle. Alussa hieman menetelmiä vastaan olleet haastateltavat halusivat itse asiassa tietää asiasta enemmän, kuin alusta asti positiivisella mielellä olleet haastateltavat.

”Nyt kun tästä ollaan puhuttu niin tää alkaa kypsyä päässä ja uskon, että ei tähän kenelläkään ole mitään Jokeri-korttia, joka kertoo, miten tämä tehdään. – Pitkäjänteistä yhteistyötä tämä vaatii.” 9

Haastateltavat kokivat, että sidosryhmien välinen tiedonvaihto tulisi olla todella korkealla tasolla, jotta tahtimenetelmiä voitaisiin kokonaisuudessaan hyödyntää. Menetelmien käytöstä suurin osa haastateltavista oli sitä mieltä, että niitä tulisi käyttää aluksi pienemmissä osakokonaisuuksissa, jotta mukana olevat ihmiset saataisiin luottamaan ja uskomaan uusiin toimintatapoihin.

Pehmeän aloituksen ja positiivisten tulosten jälkeen haastateltavat kokivat, että menetelmiä voitaisiin testata esimerkiksi tuotannon sisävaiheessa. He kuitenkin kokivat, että sisävaiheen tahdistusta varten pitäisi jo yleisaikataulun laadintavaiheessa olla enemmän ja tarkempaa tietoa kuin mitä tällä hetkellä normaalisti on saatavilla. Haastateltavilla oli myös yhteinen näkemys menetelmien pilotoinnin kohteelle.

He kokivat, että menetelmiä olisi helpointa pilotoida mahdollisimman selkeässä kohteessa, jossa ei ole paljon muuttuvia tekijöitä tuotannon aikana kuten kohteessa, johon tulisi vuokra-asuntoja. Toinen mahdollinen pilotoinnin kohde heidän mielestään voisi olla

Skanskan omatuotantokohde, joka tehtäisiin OneSkanska-periaatteella ja jossa käytettäisiin sidosryhmien jäsenenä jo ennalta tuttuja ja hyviksi kumppaneiksi todettuja tekijöitä niin suunnittelussa kuin tuotannossakin.

Tuotannon organisaatiosta todettiin, että sen tulisi olla muutosmyönteinen ja kokeilunhaluinen ryhmä, joka pystyisi omalla innostuksellaan nostamaan erityisesti alihankkijoiden uskoa ja luottamusta uusien menetelmien käytössä. Big room-tyyppisistä työpajoista tah-tisuunnittelun tukena keskusteltaessa osalta haastateltavista nousi hyviä kokemuksia vastaavasta tavasta suunnitteluvaiheen osalta. Erona he näkivät työpajoihin osallistuvan väen innostamiseen tarvittavat taidot. Siinä missä suunnitteluvaiheessa työpajoissa on paljon tietotyötä tekeviä henkilöitä, jotka ovat tottuneet joltain osin työpajatoimintaan niin tah-tisuunnittelussa mukana olisi myös paljon tuotantotyötä tekeviä ihmisiä. Haasteena he näkivät osaavan fasilitaattorin löytämisen sekä konseptin muokkauksen sellaiseen muotoon, että sillä saataisiin työmaan väki innostumaan uusista toimintatavoista.

Tutkimuksessa vielä huomioon otettavia asioita

Haastattelun lopuksi haastateltavilta kysyttiin, mitä he haluaisivat, että tutkimuksessa otettaisiin vielä huomioon ja mitä diplomityöntekijän tulisi erityisesti havainnoida mahdollisella työmaavierailulla Kaliforniassa. Tuotannon edustajat halusivat, että erityisesti päivittäisjohtamiseen keskittyttäisiin vierailulla ja siihen, miten kaikki urakoitsijat ja työntekijät on Kaliforniassa saatu mukaan yhdessä tekemiseen. Projektipäällikkönä toimivaa haastateltavaa kiinnosti myös, miten TTP-projektin muodostaminen oikein onnistuu ja miten eri sidosryhmien edustajat on valittu ja saatu sitoutettua projektiin. Esille nousi myös kysymyksiä sopimusmalleista ja urakkamuodoista. Erityisesti tilaajan ja pääura-koitsijan välinen läpinäkyvyys kiinnosti haastateltavia.

5.2 Yksittäiset tapaustutkimukset

Tämän tutkimuksen ollessa kvalitatiivinen ja tutkimuksen aikana ilmenneiden yksittäis-tapausten ja niiden sisällä olevien havainnointimahdollisuuksien vuoksi osallistuva ha-vainnointi nähtiin sopivana osana tutkimusta. Kyseisessä tutkimuksessa seurataan ha-vainnoinnin osalta osittain teoriapohjaista viitekehystä sekä kohdeorganisaation sisällä tehdyn haastattelututkimuksen avulla saatuja suuntaviivoja tutkittavasta aihepiiristä.

Osallistuvalla havainnoinnilla tarkoitetaan nimensä mukaisesti, jollain tavalla tutkittavan yhteisön toimintaan osallisena olemista ja samalla tutkittavan aineiston keräämistä. (Es-kola & Suoranta 1998) Osallistuvassa havainnoinnissa tutkittava yhteisö määrittää vuo-rovaikutuksen syvyyden ja tutkijan pitääkin pyrkiä olemaan vaikuttamatta liikaa yhteisön toimintaan ja tapahtumien kulkuun. (Grönfors 1982; Eskola & Suoranta 1998) Havain-nointi otettiin osaksi tutkimusta, jotta kyseiseen tutkimukseen saataisiin tarkempi koko-naiskuva sekä rikastamaan ja monipuolistamaan tutkimuksessa käytettävää aineistoa.

Kuten Eskola & Suoranta (1998) mainitsevat, että osallistuva havainnointi on subjektiivista toimintaa ja siksi tämänkin tutkimuksen aikana saatujen tulosten tulkitsemisessa on otettava huomioon tutkijan ennakkotiedot aiheesta, uudessa ympäristössä toiminen ja havainnointimatkan itsessään tuoma uutuusarvo tutkijalle. Havainnoinnin aikana valitut haastateltavat valittiin samaa toimintatapaa käyttäen kuten varsinaisessa haastattelututkimuksessa.

Ensimmäisessä tapauksessa tutustuttiin kohdeorganisaation Oulussa sijaitsevaan asuntorakennuskohteen, jossa hyödynnettiin tuotannonsuunnittelussa ja –ohjauksessa tahtimenetelmien tyypisiä toimintatapoja. Kohteessa havainnoitiin työmaahenkilöstön päivittäisjohtamista ja toimintaa toistensa kanssa sekä työmaan toimintaa yhden päivän ajan. Havainnoitaessa osallistuttiin myös työnjohtajien palaveriin sivustaseuraajana. Toinen tapaus pitää sisällään tutustumisen käytännössä tahtimenetelmistä kertovassa kappaleessa mainittuun Kalifornian malliin ja sen soveltamiseen DPR Construction Inc. nimisen yrityksen kahdella työmaalla havainnointien ja haastattelujen avulla. DPR:n työmailla havainnoitiin päivittäisjohtamista työmaalla ja työmaatoimistolla sekä kokouskäytäntöjä niin urakoitsijapalavereissa kuin myös yrityksen sisäisessä palaverissa. Kolmannessa tapauksessa selvitettiin UC Berkeleyn tutkijoiden ja The Boldt Companyn edustajan kokemuksia tahtimenetelmiin liittyen haastattelun avulla. Havainnointi suoritettiin molemmissa tapauksissa teoriassa mainittuja toimintatapojen ja niiden käytännössä sovelletavuuden vertailun vuoksi.

Toisen ja kolmannen tapauksen sijoituessa Kaliforniaan tutkimusmenetelmien suorittaminen tehtiin yhdessä toisen Visio 2030-hankkeeseen osallistuneen yrityksen SRV Rakennus Oy:n diplomityöntekijä Max Grönvallin kanssa. Tämän matkan aikana saatu materiaali jaettiin myös Aalto-yliopiston tohtorikoulutettavan Joonas Lehtovaaran kanssa, jonka laatimaa haastattelukysymyspatteristoa hyödynnettiin osissa haastatteluita.

5.2.1 Tapaus: As Oy Puistovahti

Kohdeorganisaation sisällä tehtyjen haastatteluiden jälkeen ilmeni, että Skanska Talonrakennus Oy rakensi Oulussa kohdetta, jossa oli tahtimenetelmien tyypisiä toimenpiteitä tehty kohteen aikataulutuksessa. Kohde on nähtävissä kuvassa 7. Kyseisessä kohteessa käytiin havainnoimassa työmaan etenemistä ja päivittäisjohtamista sekä keskustelemassa kohteen työpäällikön, vastaavan työnjohtajan ja työnjohtajien kanssa siitä, miten työmaan tuotannonsuunnittelu oli tehty, miksi näin oli toimittu ja miten se oli vaikuttanut töiden etenemiseen ja työnjohdon toimimiseen.



Kuva 7 As Oy Puistovahti

Keskustelu aloitettiin tahdistukseen johtuneista syistä ja siitä, miten kohteen yleisaikataulu oli laadittu. Tahdistukseen oli osittain päädytty pakon edessä. Pakottavina syinä olivat haastavat rakenteet ja haluttu valmistumisajankohta, jotka toivat painetta aikataulun tiivistämiselle. Yleisaikataulu oli lopulta laadittu vastaavan mestarin vankan kokemuksen pohjalta käyttäen silti oman henkilöstön osaamista eri työvaiheiden kestoja suunnitella. Yleisaikataulu oli käytännössä laadittu vaihe aikataulun tarkkuuteen, joka vastasi suurilta osin Etelä-Saksan mallin Norm-tasoa. Yhteneväisyys tahtimenetelmien teorian kanssa oli muiltakin osin silmiin pistävää. Esimerkiksi kohteeseen valitut omat työntekijät ja aliurakoitsijat, sekä tarkkaan määritetyt aliurakoitsijoiden työntekijät mahdollistivat sen, että suurin osa työmaalla toimivista henkilöistä oli työnjohdolle ennalta tuttuja. Ennalta tunnetut kumppanit helpottivat työvaiheiden suunnittelua ja toteutusta sekä samalla loivat pohjan kahden viikon tahtiajan ja yhden kerroksen tahtialueen luomiselle runkovaiheesta sisävaiheeseen sekä luovutusvaiheeseen. Työmaalle oli vastaavan mestarin ja työnjohtajan toimesta luotu paikka-aikakaavio, joka toimi periaatteella kaksi viikkoa ja

yksi kerros, eli jokainen työvaihe käytti kaksi viikkoa oman työvaiheena suorittamiseen yhdessä kerroksessa.

Haasteita kohteessa oli tullut asukasmuutosten hallinnassa, kun yksittäiset erikoisratkaisut ja suurehkot muutokset eriyttivät osan huoneistoista tahtiaikataulusta. Tämä oli myös asia, joka nousi edellisen vaiheen haastatteluiden aikana muutaman haastateltavan kanssa esiin. Työnjohtavat näkivät yksittäisen huoneiston muutosten aiheuttavan haasteita, mutta kokivat myös, että kun kokonaisuus oli muuten hyvin hoidossa niin yksittäinen huoneisto ei vaikuttanut kokonaisuuteen sen enempää, kuin mitä se vaikuttaisi niin sanotulla perinteisellä tavalla aikataulutetussa kohteessa.

Vastaavaa mestaria aikataulun laadinnassa avustanut työnjohtaja kertoi, kuinka hän epäili alussa aikataulun pitävyyttä ja sitä voidaanko näin tarkkaan kohteen tuotannonsuunnitelmaa laatia. Hän koki kuitenkin, että vaikka nykyinen toimintamalli oli lisännyt tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen hektisyyttä lähinnä pienempien kohdekohtaisten täsmätoimitusten tilaamisen lisääntymisellä, niin kohde oli kuitenkin paremmin hallinnassa. Tämä johtui hänen mielestään siitä, että tahdistus oli luonut rakentamiseen automaattisesti välitavoitteita, jotka tässä tapauksessa olivat yksittäiset kerrokset eli tahtialueet. Kyseiset työnjohtajan havainnot tukevat teoriapohjaa, jossa välitavoitteiden merkitystä korostettiin niin Kalifornian kuin myös Etelä-Saksan mallissa. Haastatteluiden aikana välitavoitteiden asettamisen merkitys korostui myös erityisesti aikataulutuksen koulutuksesta vastaavan kehitysinsinöörin kanssa käydyssä keskustelussa.

Kokonaisuudessaan havainnoidusta työmaasta näki selvästi, että se oli tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen suhteen hyvin hallinnassa. Työmaalla käydessä ja 16. kerroksesta, kerros kerrallaan alas tultaessa oli silmin nähden selkeästi huomattavissa missä vaiheessa mikäkin kerros oli ja mikä työvaihe siellä oli sillä hetkellä käynnissä. Alaspäin tultaessa asuntojen valmiusaste kasvoi selkeästi. Myös työnjohtajien palaverista oli huomattavissa se, kuinka hyvin jokainen eri työvaiheista vastaava työnjohtaja oli perillä omasta ja koko työmaan tilanteesta.

5.2.2 Tapaus: DPR Construction Inc.

DPR Construction Inc. on Kaliforniassa vuonna 1990 perustettu rakennusliike, joka toimii koko Yhdysvaltain alueella sekä asiakkaidensa kautta myös kansainvälisesti. (DPR 2018) DPR on kehittänyt toimintaansa Lean-filosofiaan perustuen jo vuosien ajan ja he ovatkin yksi edelläkävijöistä tahtimenetelmien (TTP) käytössä. He olivat laatineet omasta Lean-koulutusohjelmastaan tutkimusartikkelin, joka julkaistiin Orlandossa järjestetyillä LCI-päivillä lokakuussa 2018.

DPR:n yhteyshenkilöiden kanssa sovittiin ennen matkaa, että ensimmäisellä viikolla kävisimme tutustumassa molempiin havainnointityömaihin ja paikan päällä sopsimme seu-

raavan viikon ohjelman. Havainnoitavina työmaina toimivat suuren lääketehtaan eteläiseen San Franciscoon valmistuva laboratorio/tutkimuslaitos (**Työmaa 1**) sekä UCSF (University of California San Francisco) yliopistollisen sairaalan tutkimuslaitos (**Työmaa 2**) San Franciscon Mission Bayn alueelle. Molemmat hankkeet olivat monimutkaisia ja sisälsivät paljon erilaista sairaala- ja laboratoriotekniikkaa, jotka loivat omat haasteensa rakentamisen aikataulutukselle ja töiden yhteensovittamiselle. Hankkeet olivat suuruusluokaltaan samankokoisia, kesto noin 2-vuotta ja kokonaiskustannusarvio noin \$ 300 miljoonaa.

Haastateltavat ovat taulukossa 3.

Taulukko 3 DPR:n ja aliurakoitsijoiden edustajat

Haastattelu	Työnimike	pvm.
1	Project Engineer / DPR	2.10.2018
2	Superintendent / DPR	2.10.2018
3	Lean Manager / DPR	4.10.2018
4	Project Superintendent / DPR	4.10.2018
5	Project Engineer / DPR	5.10.2018
6	Project Engineer / Southland Industries	8.10.2018
7	Production Engineer / DPR	10.10.2018
8	Project Manager / Acco Engineered Systems	10.10.2018

Työmaa 1 ensimmäinen viikko

Ensimmäisenä havainnointipäivänä matkustimme eteläiseen San Franciscoon, jossa tutustuimme kohteeseen projekti-insinöörin ja työnjohtajan opastuksella. Kohteessa oltiin sisävalmistus –ja viimeistelyvaiheessa ja siinä käytettiin yhden viikon tahtiaikaa.

Ensimmäisenä päivänä kohteessa pidettiin kaksi haastattelua ja tutustuttiin yleisesti yritykseen ja kyseiseen projektiin. Molemmat haastattelut pitivät sisällään yleistä keskustelua kohteesta, TTP:stä ja DPR:n toiminnasta.

Haastateltava 1, joka toimi projekti-insinöörinä, oli ollut työmaalla noin vuoden ja hänellä oli TTP:stä jonkin verran tietoa yliopiston kurssien kautta. Hänen esityksestään ja haastattelun aikana saaduista vastauksista kumpusi aito innostus, osaaminen ja halu oppia

uutta rakentamisen tuottavuuden kehitystä kohtaan. TTP ja sen käyttö vaikuttivat tehneen häneen vaikutuksen ja oli hienoa nähdä, kuinka hän osasi kertoa kohteesta ja siihen liittyvistä asioista ja haasteista, vaikka hänellä ei ollutkaan kymmenien vuosien kokemusta rakennusosalta. Tässä kohtaa itse tajusin kuinka TTP:n käyttö lisää ymmärrystä rakennus-alasta ja samalla tukee jatkuvaa oppimista alan sisällä. Yhden viikon tahtiaika oli osoittautunut toimivaksi niin töiden, logistiikan kuin myös ihmisten näkökulmasta. Se, että työviikko pysyi työviikkona, eikä sitä pilkottu yhden tai kahden päivän tahtiajoiksi sopi työntekijöiden normaaliin rytmiin hyvin.

Toisessa haastattelussa käytiin läpi työnjohtajan näkemyksiä TTP:stä ja siitä, miten se on hänen mielestään toiminut. Haastateltava nosti ensimmäisenä asiana esiin sen, kuinka TTP:ssä jokainen työvaihe on kriittinen, kun taas perinteisessä mallissa etsitään se yksittäinen kriittinen vaihe, jonka avulla luodaan kriittinen polku, jota seurataan. Hän oli sitä mieltä, että TTP luo hektisyyttä ja jatkuvaa painetta jokaiselle työvaiheelle. Jatkuva paine nähtiin kuitenkin positiivisena asiana, koska se vaatii jokaiselta työvaiheelta ja niiden toteuttajilta kykyä ennakkosuunnitteluun ja oman työnsä seurantaan tasapuolisesti. Suurimmaksi haasteeksi haastateltava mainitsi yhteistyökumppaneiden opettamisen uuteen toimintamalliin ja vastuunottamiseen. Haastateltava mainitsi useasti ratkaisukeskeisen ajattelumallin, jonka eteenpäin viemisessä on yhteistyökumppaneiden kanssa eniten ollut haasteita. TTP vaatii jatkuvaa seuranta ja tulevien ongelmien proaktiivista etsintää sekä tällä hetkellä oleviin ongelmien reagoitua ja niiden ratkaisua. Tämän vuoksi työnjohtajat ja heidän kanssaan toimivat työryhmien edustajat pitivät säännöllisiä tapaamisia pitkin viikkoa. Maanantaisin ja perjantaisin pidettiin 1-1,5 h palaveri, jossa käytiin tuleva ja mennyt viikko läpi. Joka päivä aamulla pidettiin lyhyehkö palaveri työmaakerroksen ohessa, jossa käytiin sen päivän asioita lävitse. Keskiviikkoisin pidettiin vielä urakoitsijapalaveri, jossa oli mukana kaikki hankkeen silloisessa vaiheessa olevat urakoitsijat ja työnjohtajat sekä mahdollisesti sillä viikolla kriittiset muiden sidosryhmien edustajat.

Työnjohtajan työnkuva ei hirveästi muuttunut perinteisestä tavasta rakentaa. Kuten edellä on mainittu, ennakkosuunnittelusta aiheutuva hektisyys on lisääntynyt, mutta tulipalojen sammuttelu vähentynyt. Tämä johtui suurelta osin siitä, että ennakkosuunnittelun osuus on TTP:ssä huomattavasti suurempaa kuin perinteisessä tavassa. Työnjohtajan tuotannon-suunnittelu oli hänen mielestään parempaa TTP:tä käyttäessä. Tärkeän ja tarkemman tiedon määrä lisääntyi ja ennakkosuunnittelussa luodut skenaariot toteutuivat paremmin kuin perinteisellä mallilla. Viikon tahtiaikaa käytettäessä tahtialueiden tarkastuksen pyrittiin tekemään torstaina tai viimeistään perjantaina. Tämä tarkoittaa sitä, että töiden määrä viikkotasolla pyrittiin saamaan valmiiksi torstaihin mennessä ja perjantai sekä viikonloppu jätettiin tarkoituksella puskuriksi mahdollisten yllättävien haasteiden tai muutosten vuoksi.

Toisena päivänä pääsimme osallistumaan urakoitsijapalaveriin. Palaveri alkoi aamulla klo 07:30 ja sitä edelsi työmaakerros. Palaverikäytännöt erosivat huomattavasti Suo-

messa itse kokemiini urakoitsijapalavereihin. Tilaisuutta veti koko hankkeen projektipäällikkö, joka toi motivaatiopuheillaan ja olemuksellaan mieleen amerikkalaisista elokuvista tutun yliopiston amerikkalaisen jalkapallojoukkueen valmentajan, joka ottaa kaikki ”joukkueen” jäsenet tasapuolisesti huomioon. Projektipäällikkö loi olemuksellaan todella hyvän ilmapiirin tilaisuuteen, mikä näkyi haastavienkin asioiden kuten myöhästyneiden töiden ja materiaalityöimistusten haasteiden läpikäynnissä. Kaikki uskalsivat puhua ja kertoivat myös, jos omalla kohdalla oli jotain sanottavaa itseä tai muita toimijoita koskien. Avoimuuden ilmapiiri oli hienoa katsottavaa.

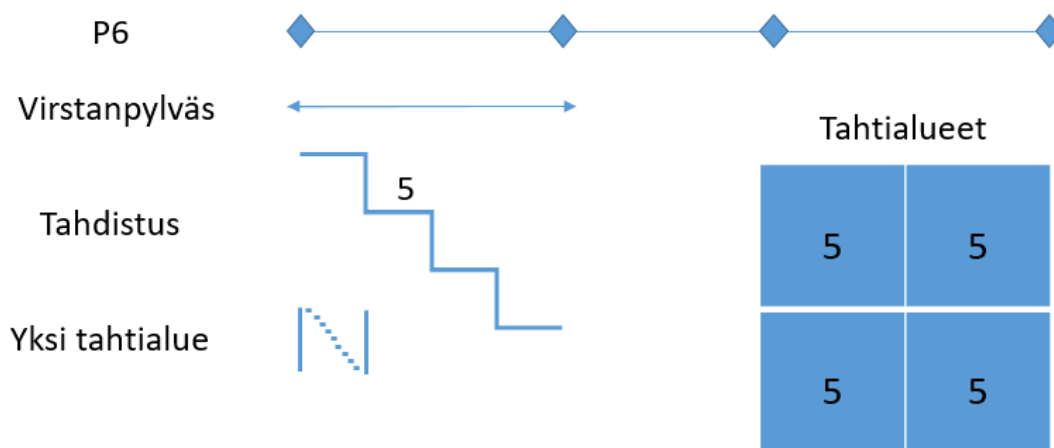
Palaveri itsessään vedettiin läpi juna kerrallaan, mikä tarkoitti sitä, että kun työmaan sisävalmistusvaihe oli jaettu neljään junaan, joista jokaisella junalla oli 2-3 kerrosta läpikäytävää ja noin 16 työvaihetta sisällään, niin jokaisen yksittäisen työvaiheen asioita käytiin läpi pitkin palaveria. Tämä järjestelmällinen tapa käydä työmaata töiden virtauksen mukaisesti läpi piti kaikki palaveriin osallistujat hereillä ja keskittyneinä, koska oma vuoro tuli aika ajoin palaverin aikana ja käytännössä jokainen työvaiheen puheenvuoro eli vaunun läpikäynti vaikutti kaikkien tekemiseen.

Juna ja tahtialue kerrallaan läpikäytynä otti myös turvallisuuden ja laadun mukaan jokaisessa vaiheessa. Näitä asioita käytiin juuri alueen, työvaiheen ja niihin kytköksissä olevien asioiden mukaisessa laajuudessa. Laadun ja turvallisuuden integroiminen tahdin sisään korosti onnistuneesti oikeita asioita, oikeaan aikaan, oikeassa paikassa.

Työmaa 2 ensimmäinen viikko

Kolmantena päivänä siirryimme toiselle työmaalle San Franciscon Mission Bayn alueelle, joka on ollut viimeisen 20 vuoden ajan laajan kehityksen kohteena. Kyseinen työmaa oli runkovaiheessa ja sen sisävaiheen aikataulua suunniteltiin TTP:n avulla vierailumme aikana. Työmaalla meidät otti vastaan DPR:n Lean-johtaja, joka toimi myös isäntämme ja yhteyshenkilönä loppuajan.

Lean-johtajan kanssa kävimme läpi periaatetasolla DPR:n tapaa hyödyntää Kalifornian mallia ja siihen liittyviä vaiheita sekä yrityksen Lean-kulttuuria. Hän esitteli meille tavan, jolla he aloittavat projektin purkamisen tahtimenetelmien avulla. Tapa on nähtävillä kuvassa 8.



Kuva 8 Aikataulun purkaminen. Mukailten DPR:n mallista.

Kuvasta 8 voidaan nähdä tapa, miten aikataulu puretaan TTP:n avulla. Kuvassa on ensiksi esitetty Yhdysvalloissa käytössä oleva P6-aikataulu, joka pitää sisällään yleisaikataulun virstanpylväineen sekä urakkarajaliitteet. Tätä voidaan karkealla tasolla verrata suomalaiseen yleisaikatauluun. Tämän jälkeen yleisaikataulusta irrotetaan yksi suurempi kokonaisuus, joka on esitetty virstanpylväänä. Tämän kokonaisuuden sisällä tehdään Kalifornian mallissa esitetyt TTP:n vaiheet, joiden avulla kokonaisuus jaetaan tahtialueisiin sekä haluttuun tahtiaikaan. Tässä esimerkissä tahtialueita on neljä ja tahtiajaksi muodostui viisi päivää. Lopuksi tahtialueelle määritellään tarkemmalla tasolla kaikki työvaiheet, jotka alueella täytyy tehdä, sekä näiden työvaiheiden oikea järjestys, jotta se valmistuu seuraavaa virstanpylvästä varten.

Lean-johtaja kertoi meille, että DPR tekee laajaa yhteistyötä Stanfordin yliopiston ja UC Berkeleyn rakennustekniikan opiskelijoiden kanssa, mikä näkyi meidän vastaanotossa ja tavassa, miten meitä kohdeltiin. Yritys näki potentiaalín uusissa osaaajissa ja panosti uusien osaaajien koulutukseen ja rekrytointiin, kuin myös oman henkilöstönsä kouluttamiseen. Lean-johtaja puhui laajasti DPR:n matkasta Lean-rakentamisen parissa ja siitä missä yritys tällä hetkellä on. Lean-filosofian ottaminen osaksi koko yrityksen toimintakulttuuria vaikutti toimivan tällä hetkellä hyvin, mistä kertoi myös tutkimusartikkelin aiheena olevan koulutusohjelman kova kysyntä ympäri Yhdysvaltoja. Saimme itsekin esimakua tästä koulutusohjelmasta kokeilemalla näitä koulutuksissa käytettäviä materiaaleja.

Seuraavaksi tapasimme haastateltavan numero neljä, joka vastasi sisävaiheen aikataulun suunnittelemisesta. Hänen kanssaan esiin nousivat aikataulun suunnittelun haasteet uusien toimijoiden kanssa. Hän korosti ajan käyttöä aliurakoitsijoiden kanssa, kun TTP:tä ja siihen liittyviä asioita käydään läpi. He olivat pitäneet useita työpajoja ja käyttäneet aikaa koulutukseen, jotta aliurakoitsijat pääsisivät paremmin kiinni TTP:iin. Uuden asian aiheuttama pelko ja kapeakatseisuus sekä ennakkoluulot olivat asioita, joihin kouluttami-

sella pystyttiin positiivisesti vaikuttamaan. Aikataulun suunnittelutilaisuuksissa fasilitaattorin täytyy olla todella hyvin kartalla ja pitää visio sekä päämäärä kirkkaana mielessä. Urakoitsijoita pitää rohkaista tekemään yhteistyötä, mutta myös samalla on huolehdittava siitä, että kaikki ymmärtävät tehdä suunnitelman kokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla, mikä voi vaikuttaa omien töiden aloittamiseen ja laajuuteen. Haastateltava mainitsi, että todella usein urakoitsijat haluavat aloittaa heti kun mahdollista ja niin suurella volyymillä kuin vain mahdollista, ja että tästä ajattelutavasta pääseminen on vaikeaa ja vie paljon aikaa. Tärkeää aikataulun suunnittelussa ja TTP:n käytössä on se, että mitään ei tulisi olettaa, vaan jokaisen toimijan kanssa tulisi asiat aina varmistaa ennen seuraavan siirron tekemistä.

Työmaa 2 toinen viikko

Toisen viikon alun olimme työmaalla numero 2, jossa osallistuimme maanantaiaamun urakoitsijapalaveriin. Urakoitsijapalaveri aloitettiin kello 8:30, jota edelsi työmaakierros kuten toisellakin työmaalla. Palaveri aloitettiin käymällä ensin työmaan senhetkinen tilanne läpi. Tilannetta käytiin DPR:n työnjohtajan johtamana läpi ja apuna käytettiin aamun kierrokselta otettuja kuvia, joista oli helposti nähtävissä nykyisten kriittisten työvaiheiden tilanteet. Palaverin yleisilme ja eteneminen vastasivat enemmän mallia, jota Suomessa käytetään ja oli siten erilainen kuin työmaalla numero 1.

Työmaan ollessa runkovaiheessa myös aliurakoitsijoiden määrä oli huomattavasti pienempi, kuin sisävaiheen aikana. TTP:n tuomia hyötyjä pyrittiin nostamaan esiin ja palaveriin osallistujilta kysyttiin mielipiteitä sen toiminnasta. Tälläkin työmaalla suurin osa aliurakoitsijoista oli ensimmäistä kertaa projektilla, jossa käytetään TTP:tä. Yksi aliurakoitsija nosti esiin ennustettavuuden parantumisen TTP:n hyödyntämisen aikana. Hän oli tyytyväinen, että pystyi ennakoimaan paremmin tulevat haasteet ja esimerkiksi materiaalienekit. Työmaan tulevia haasteita käytiin myös läpi 4D-simulaatioiden avulla, mikä näytti toimivan hyvin selkeän ja visuaalisesti helposti ymmärrettävän mallin avulla.

Urakoitsijapalaverin jälkeen osallistuimme vielä DPR:n henkilöstön palaveriin, jossa käytiin työmaan tilannetta isommassa kuvassa läpi. Työmaalla oli ollut samoja haasteita kuin perustyömaalla Suomessakin, eli esimerkiksi yksittäisten työntekijöiden suojainrikkomuksia ja välinpitämätöntä asennetta turvallisuutta kohtaan. Aikatauluun liittyviä haasteita esiintyi myös puuttuvien suunnitelmien vuoksi, mitkä olivat pidentäneet tulevan sisävaiheen aikataulutusta ja samalla sitonut yhden työntekijän monien mielestä liian pitkäksi aikaa saman työn ääreen. Palaverissa nostettiin esille ylemmältä johdolta tullut ohjeistus, jonka pyrkimyksenä oli standardoida DPR:n työtapoja käymällä yrityksen kulttuurin 13 periaatetta. Palaverissa sovittiin, että joka viikko käydään yksi periaate läpi. Periaatteisiin liittyen käytiin myös läpi Lean-johtamisen koulutusta ja siitä tullutta palautetta, joka oli ollut positiivista.

Palaverien jälkeen tapasimme haastateltavan numero 5, joka toimi projekti-insinöörinä ja viimeisteli maisterivaiheen opintojaan UC Berkeleyssä. Haastateltavan kanssa keskustelimme siitä, miten yliopistossa opitut asiat TTP:stä jalkautuvat tuotantoon ja miten hän oli nähnyt asioiden toimivan työmaalla. Yliopistossa TTP:llä avataan hänen mielestään silmät uudelle tavalla ohjata tuotantoa ja tahdin matemaattista mallia korostetaan vahvasti. Tuotantoa pyritään simuloimaan mallien avulla ja sen tehostumista korostetaan näiden matemaattisten mallien kautta. Hän mainitsi, että kuilu yliopiston ja yritysten välillä on vielä suhteellisen suuri, ja että käytännössä tuotannon tehostaminen on vielä haastavaa matemaattisten mallien avulla, koska tuotantoon liittyvät eri sidosryhmät eivät vielä ole täysillä mukana TTP:n käytössä.

TTP:n käytöstä ja sen käyttöön vaikuttaneista haasteista puhuttaessa haastateltava nosti esiin kokeneiden aliurakoitsijoiden luottamuksen voittamisen, joka hänen mielestään oli suurin haaste TTP:n käytölle. Se, että jokaisen työt jaettiin tahtiaikataulun mukaisesti laatikoihin tuntui aluksi monesta tekijästä vaikealta, mutta ensimmäisen onnistuneen työvaiheen vaihdon jälkeen tekijät huomasivat, että työn jakaminen tasaisesti osakokonaisuuksiin helpotti töiden ennakkointia. Se, että kaikki toimivat samalla tavalla, nosti ryhmähenkeä sekä paransi läpinäkyvyyttä urakoitsijoiden välillä. Haastateltava piti yhteistyötä kaikkien tärkeimpänä asiana rakennusprojektin onnistumisessa ja hän koki, että TTP:n käyttö ja DPR:n malli Big Roomista ajavat yhteistyötä tiiviimmäksi.

Haastateltava 5 oli aloittanut DPR:llä huhtikuussa 2018 ja oli nyt ollut noin puoli vuotta projekti-insinöörinä. Hän vaikutti toistaiseksi lyhyestä työurastaan huolimatta olevan erittäin hyvin tietoinen työmaalla tapahtuvista asioista ja siitä, miten TTP:tä käytetään. Tämä oli havainnointimatalla jo toinen esimerkki siitä, että nuoren rakennusalan ammattilaisen mahdollisuus omaksua ja oppia rakennustuotannosta näyttäisi toimivan TTP:n avulla todella hyvin.

Työmaa 1 toinen viikko

Toisella viikolla työmaalla numero 1 osallistuimme toiseen urakoitsijapalaveriin. Tämän jälkeen pääsimme tapaamaan aliurakoitsijoiden edustajia haastateltavat numero 6 ja 8 sekä haastateltavaa numero 7, joka toimi tuotantoinsinöörinä ja joka oli ollut luomassa Kalifornian mallia eli TTP:tä yhdessä UC Berkeleyn tutkijoiden kanssa.

Urakoitsijapalaveri oli yhtä toimiva ja sujuva kuin edellisellä viikolla ja palaverin aikana tuntui siltä, että olisin ollut työmaalla jo pitkään. Tämän palaverin aikana vakuutuin palaverin vetämisestä juna kerrallaan läpi alueiden. Muuten palaverin aikana ei tullut uusia asioita esille itse käytännöstä.

Haastateltava 6 edusti DPR:n IV-urakoitsijaa Southland Industriesiä, joka keskittyi lämpö- ja vesijärjestelmiin. Yritys tarjoaa urakoinnin lisäksi LVISA-suunnittelua ja näiden esivalmisteosia. Hän koki TTP:n hyödyntämisen positiivisena asiana ja koki, että niiden avulla suuren projektin aikataulu saadaan jaettua helpommin hallittavissa oleviin

osiin. Nämä osat taas on helpompi miettiä kokonaisuuteen kuuluvien työvaiheiden ja pääurakoitsijan edustajien kanssa toimivaksi, visuaaliseksi ja virtaavaksi kokonaisuudeksi. Alussa tahtituotannon suunnittelu vie paljon aikaa ja vaivaa, mutta pitkällä aikavälillä se helpottaa projektin läpiviemistä ja tuotantoa luomalla läpinäkyvämmän prosessin. Hänen mukaansa myös Southlandilla on vielä kasvukipuja TTP:n käytössä, vaikka yritys on yksi edelläkävijöistä Lean-rakentamisessa. Työntekijöiden osalta hän oli kuullut positiivista palautetta siitä, että työmaatoimiston ja työmaan välinen kuilu suunnitelmien ja sitä kautta tiedon jakamisen välillä oli kaventunut TTP:n käyttöönoton jälkeen. Hänen mielestään TTP:n käytössä suurin haaste on saada kaikki toimijat mukaan. Toimijoiden mukaan saanti vaatii pitkäjänteistä opetusta ja asioiden yksinkertaista esittämistä sekä läpinäkyvyyttä.

Haastateltava 8 edusti toista DPR:n LV-urakoitsijaa Acco Engineered Systemsiä, joka keskittyi ilmastointijärjestelmiin. Myös Acco tarjosi urakoinnin ohella LVISA-suunnittelua ja näiden esivalmisteosia. Hänen mielestään TTP:n suurin hyöty tulee jokaisen toimijan töiden ennakkosuunnittelusta ja tämän kautta töiden yhteensovittamisen helpottumisesta. TTP:tä tehdessä suurimmaksi haasteeksi toimijoiden kesken osoittautui lopulta tah-tialueiden ja –ajan määrittämisen jälkeen yksittäisten toimijoiden työvoiman tarve eri alueilla. Accolla esimerkiksi oli viikkoja, jolloin tarvittaisiin 80 työntekijää ja toisena 65 työntekijää. Työntekijöiden pois lähettäminen ja takaisin saaminen nähtiin suurena haasteena, koska usein tekijät menevät toiselle työmaalle, jos nykyiseltä loppuu työt. Työmaalla pyrittiin tasaamaan tekijöiden määrää jakamalla kerroksia eri junille. Työntekijät pystyivät mahdollisuuksien mukaan vaihtamaan junaa, mikäli toisella junalla oli loppumassa työt. Työntekijät pitivät siitä, että ennakkosuunnittelu oli toimivaa ja paremmin paikkansapitävää kuin perinteisellä tavalla tehtynä. Eri työvaiheiden seuranta ja paikan-taminen tahtisuunnitelman avulla oli positiivinen ominaisuus niin työnjohtajille kuin myös työntekijöille.

Haastateltava kertoi, että ei tiennyt ennen kyseistä kohdetta, mitä tahtituotanto tarkoittaa. Haastateltavan mukaan hankintatoimi helpottui huomattavasti TTP:llä luodun tahtiaika- taulun myötä. Näinkin suuren kohteen kaikki työvaiheet oli saatu visuaalisesti selkeään muotoon, josta jokaisen työvaiheen aikataulun pystyi selkeästi näkemään. Selkeästä nä- kymästä johtuen hankinnat oli helppo aikatauluttaa tuotannon mukaan. Haastateltavan mukaan projektikohtainen hankinta ei ole koskaan ollut yhtä helppoa kuin tällä työmaalla, ottaen vielä huomioon kohteen haastavuuden. Haastateltava nosti työryhmien edustajien ”nökkamiesten” roolin erittäin korkealle koko TTP:n laatimisessa ja sen seurannassa. BIM-mallin valmiusaste helpotti LVISA-urakoitsijoiden omien töiden suunnittelua val- tavasti, erityisesti järjestelmän osien korkeusasemien ja asennusjärjestyksen osalta. Tah- tialueiden jako vaikutti hieman putkien painetestauksiin, koska suljettuja ympäristöjä oli toisinaan vaikea saada tahtialueiden kanssa yhteensopiviksi.

Haastateltavan mielestä TTP:n käyttö toimii parhaiten suurien ja haastavien kohteiden tuotannonohjaukseen, mutta ei näkisi sille välttämättä tarvetta pienissä ja yksinkertaisissa

hankkeissa. Haastateltava totesi, että TTP:n käyttö maksaa alussa paljon, mutta vaihtoehtoisesti se tekee rakentamisesta helpompaa ja luo säästöjä matkan varrella niin kustannusmielessä kuin myös ajallisesti. Lopuksi haastateltava sanoi valitsevansa TTP:llä johdetun kohteen perinteisesti johdetun kohteen sijasta, jos saisi valita. Suurimpina syinä tähän valintaan olivat hankintatoimen helppous ja tuotannonohjaukseen annettava oma osaaminen.

Haastateltava 7 oli ensimmäinen TTP:n keskittynyt tutkija Yhdysvalloissa, joka julkaisi ensimmäisen artikkelinsa vuonna 2013. Hän näki TTP:n käyttämisen suurimpana haasteena kanssakäymisen ihmisten kanssa ja sosiaaliset haasteet. Tiimien pitää uskoa ja luottaa TTP:n toimintaan. Tuotannon ohjaamiseen tarvitaan hyvää johtajuutta ja kaikki toimijat tulee pitää tietoisina projektin asioista. Hän toteaa, että se mitä työmaalla suvaitset, niin siitä tulee standardi. Eli jos tahtia ei johdonmukaisesti seurata ja johdeta, niin siitä aletaan helpommin lipsumaan.

Toinen haaste on siinä, että tahtisuunnitelma luodaan sellaiseksi, että sitä noudattamaan tuleva tiimi pystyy sen toteuttamaan. Kolmas suuri haaste on työn vaihtelun hallinta. Eri-laisissa tilanteissa, joissa tehdään jollain tapaa samaa työtä. Tämä tulee erityisesti vastaan tahtialueiden välillä, jossa samat tekijät voivat tehdä samankaltaista työtä, mutta jotka kuitenkin eroavat toisistaan. Erityisesti, jos alueet ovat kovin pieniä niin osa työvaiheista voi mennä yli tahtiajan ja samalla aiheuttaa seuraavan työvaiheen kanssa yhteentörmäyksen. Tämän välttämiseksi tahtialueet kannattaa muodostaa alku- ja opetteluvaiheessa isoiksi.

Neljäntenä haasteena tulee logistiikka, joka voi jäädä tuotantonopeuden kasvaessa sen jalkoihin. Tavaraa ei ehditä syöttää tekijöille samaan tahtiin kuin työt etenisivät ja samalla myös kaluston määrä voi alueilla kasvaa niin suureksi, että se alkaa olemaan tiellä ja aiheuttaa vaaratilanteita. Neljäs haaste tulee myös nähdä positiivisena, koska sen realisoituessa tuotannon tehokkuus on kasvanut ja pullonkaulaksi alkaa muodostua asioita, joita pystytään ratkaisemaan helpommin kuin sosiaalisia haasteita.

Ensimmäinen haaste oli haastateltavan mielestä lopulta se kaikkein suurin haaste. Johtaminen ja ihmisten välinen kanssakäyminen jakautui hänen mielestään vielä kahteen tasoon, joista toinen oli työmaaorganisaatio ja toinen taas tilaajan ja pääurakoitsijan välinen hallinto. Hänellä oli kokemuksia siitä, että jokaisessa yli \$ 15 miljoonan TTP kohteessa pullonkaulaksi oli muodostunut hallinto ja siellä oleva päätöksenteko ja ymmärrys.

Tilaajan roolia kysyttäessä TTP:tä hyödyntävässä projektissa haastateltava vastasi, että silloin kun tuotanto-organisaatio on ensimmäistä kertaa käyttämässä TTP:tä niin tilaajan oma-aloitteisuudella voi olla suuria vaikutuksia siihen, että tuotanto-organisaatio jaksaa yrittää ja kokeilla uutta tapaa toimia. Esimerkkeinä tästä oli Sutter Healthin ja UCSF:n kohteet, joissa tilaaja oli vaatinut TTP:tä tuotannonohjauksessa. Toisaalta taas silloin, kun

tuotanto-organisaatio on tehnyt TTP:llä kohteita niin tilaajan opettaminen uuteen tuotannonohjauksen tapaan tulee erityisen tärkeäksi. Mikäli tilaaja ei osaa toimia uudella tavalla, hän voi tahtomattaan aiheuttaa hallaa myöhäisillä päätöksillä ja muutostöillä sekä osoittautua koko hankkeen pullonkaulaksi. Keskustelun aikana nousseita yksittäisiä haasteita miettiessämme tulimme siihen johtopäätökseen, että kun ne nostetaan esille ja niitä mietitään oikeasti, niin havaitaan, että haasteet ovat lopulta todella yksinkertaisia asioita, jotka eivät vain toimi. Haastateltava toteaaakin, että lähes kaikki ongelmat johtuvat sosiaalisten taitojen puutteesta ja siitä, että emme osaa kommunikoida toistemme kanssa.

5.2.3 Tapaus: Asiantuntijat

Matkan aikana saimme mahdollisuuden keskustella Berkeleyn yliopiston P2SL-tutkimusryhmän johtajan ja tutkimusryhmässä toimivan tohtoriopiskelijan kanssa siitä, miten yliopisto on nähnyt rakennusalan kehityksen ja miten TTP:n käyttö on vaikuttanut rakentamisen tuotannonohjaukseen. Haastattelimme myös The Boldt Companyn edustajaa, joka oli mukana luomassa tahtimenetelmien Kalifornian mallia, siitä miten TTP heillä on otettu käyttöön. Haasteltavat ovat taulukossa 4.

Taulukko 4 UC Berkeleyn ja The Boldt Companyn edustajat

Haastattelu	Työnimike	pvm.
1	Director / P2SL, UC Berkeley	8.10.2018
2	PhD student / P2SL, UC Berkeley	11.10.2018
3	Director of Production Innovation / The Boldt Company	11.10.2018

Tutkimusryhmän johtaja kertoi vuoden 2004 olleen käännekohta, kun suuri tilaaja Sutter Health alkoi tehdä tiiviimpää yhteistyötä rakennusurakoitsijoiden kanssa toimintatapojen parantamiseksi. Sutter Healthin panostus toiminnan parantamiseen sai suunnittelutoimistot ja rakentajat ajattelemaan, että heidän on pakko kehittää tapojansa, koska jos he eivät sitä tee, niin joku muu tekee. Tämän jälkeen kehitys on edennyt siten, että pieni osa toimijoista ottaa näitä uusia tapoja tosissaan käyttöön ja että näiden toimijoiden kanssa yliopiston olisi hyödyllistä tehdä yhteistyötä, esimerkkeinä Boldt ja DPR. Toiminnan kehityksessä nämä toimijat alkoivat vaikuttaa markkinoilla tosiasiallisilta kilpailijoilta ja kilpailijoidenkin oli pakko ryhtyä kehittämään toimintaansa.

Tämän jälkeen Lean-rakentamisen kulttuuri on kasvanut vuosi vuodelta nopeammin. Haastateltavan mielestä Norjassa ollaan tällä hetkellä pisimmällä rakennusalan yhteistoiminnan kehittämisessä. Hän mainitsee myös, että kehitystyötä tehdään myös muualla

maailmassa. Kun juttelemme rakentamisen monimuotoisuudesta ja eroista maakohtaisesti hän toteaa, että loppupuleissa rakentaminen liiketoimintana ei eroa merkittävästi eri maiden välillä, vaan on hyvinkin universaali prosessi. Suurimmat erot löytyvät usein eri tasojen organisaatioiden ja ihmisten välisistä kommunikaation kuiluista.

TTP:n yhtenä suurena haasteena hän näki sen, että ihmiset eivät tiedä mitä se on ja sen vuoksi ovat varautuneita. Aliurakoitsijoilla on myös hankaluuksia muuttaa toimintatapaan, koska he pelkäävät, että he häviäisivät taloudellisesti uutta tapaa käyttämällä. Ihmisten opastaminen ja kouluttaminen TTP:n käyttöön ja sen positiivisten puolien ja mahdollisuuksien korostaminen on tärkeää, kun pyritään luomaan TTP:n vaatimaa yhteishenkeä. TTP:n yhtenä suurimmista positiivista hyödyistä on sen visuaalinen ja yksinkertainen esitystapa.

Suomessa tehtyjen haastatteluiden pohjalta saatiin myös kysymyksiä siitä mitä tehdään, jos TTP:n juna pysähtyy. P2SL:n johtaja kommentoi asiaa seuraavasti: *”Työntekijöille voidaan tällöin maksaa toisenlaisen työn tekemisestä tai heitä voidaan käyttää apuna, kun suunnitellaan seuraavia vaiheita TTP:stä. Heitä voidaan myös käyttää apuna tutkimaan sitä, miksi ylipäättään juna pysähtyi.”* Haastateltava oli vahvasti myös sitä mieltä, että työntekijöiden tietotaitoa aliarvioidaan liian usein ja että heidän omaamaa osaamista ei hyödynnetä siinä mittakaavassa kuin olisi mahdollista. *”Meillä on tämä kapasiteetti jo työmaalla, mutta emme osaa käyttää sitä oikein.”*

Tohtoriopiskelija kertoi meille aluksi siitä, mitä P2SL tällä hetkellä tekee ja mitkä ovat heidän tämän hetken päätutkimuskohteet. TTP ja siihen liittyvät asiat olivat yhtenä suurimmista tutkimuksen kohteista, johon liittyen haastateltavammekin teki omaa väitöskirjaansa. Hänen työstään ja TTP:stä keskusteltaessa esiin nousi hyvin voimakkaasti yliopiston ja yritysten välinen erimielisyys siitä missä tällä hetkellä mennään. Siinä missä DPR:llä TTP:tä kehuttiin vuolaasti ja asioiden määrällistä seuranta ja systemaattista tarkkailua pidettiin vähäpätöisenä asiana sosiaalisten haasteiden rinnalla, niin yliopiston näkökulmasta juuri tähän määrälliseen ja matemaattiseen malliin tulisi panostaa enemmän. Matemaattiseen ideaalimalliin verrattaessa DPR oli vielä kaukana täydellisyydestä, mikä tohtoriopiskelijan mukaan vaati vielä huomattavasti töitä.

Viimeisenä tapasimme The Boldt Companyn edustajan, joka oli puhujana kevään 2018 LCI-päivillä aiheenaan TTP. Hän nosti kaksi asiaa TTP:n käyttämisessä erityisesti esille. Ensimmäiseksi pitää muistaa, että TTP:tä ei saa tehdä liian kunnianhimoiseksi ja toiseksi, kaikki projektin toimijat pitää ottaa tuotannonsuunnitteluun mukaan. Hänen mielipiteensä oli, että matemaattisen mallin avulla ei tulisi suoraan luoda suunnitelmaa vaan se kannataisi aloittaa viikkotasoisesta suunnittelusta. Tämän jälkeen kerätään tekijöiltä tietoa siitä, mitä he kokevat saavansa päivätasolla valmiiksi, jonka jälkeen voidaan luoda tahtialueet saatujen tietojen pohjalta.

Hän korostaa, että TTP ei ole matemaattinen ongelma, vaan sen tarkoituksena on lisätä läpinäkyvyyttä ja vähentää toimijoiden välisiä informaatiokuiluja. Haastateltava näki, että viikon tahtiaika on paras mahdollinen lähtökohta, koska rakennusala toimii muutenkin viikon sykleissä ja samalla viikonlopuista saadaan luonnollisia puskureita. Tilaajan mukaan saamiseksi TTP:n sisältämät asiat ja sen myötä saatu suunnitelma tulee olla myös ei-rakennusosalalla toimiville selkeästi luettavissa ja ymmärrettävissä. Haastateltavalta kysyttäessä TTP:n haasteista hän nosti esiin itse projektin ymmärtämisen ja alihankkijoiden ymmärryksen varmistamisen. Hän korosti sitä, että urakoitsijan pitää tietää, mihin ollaan ryhtymässä. Lisäksi tulee tietää mitä tehdään, missä tehdään ja milloin sen pitää olla valmista ja jos se ei ole valmista tahtiajan kuluessa (viikko), niin hän tekee työn viikonlopun aikana valmiiksi. Tämä on tärkeää olla sopimuksiin kirjattuna ja yhteisesti hyväksyttynä. On myös pidettävä huolta siitä, että kukaan ei tuo omalle alueelleen muuta kuin sen materiaalin, mitä kyseiselle alueelle on tulossa.

Työntekijöiden toiveet on otettava huomioon ja antaa heidän esimerkiksi käyttää 2D kuvia, jos he osaavat toimia niiden kanssa paremmin kuin BIM-mallien. Tahtialueita miettiessä on järkevää käyttää luonnollisia rajoja kuten funktionaalisia alueita, huoneistoja tai seiniä. Kaikkien tilojen ei myöskään tarvitse mennä tahtiin. Näitä voivat olla esimerkiksi sähkökeskus, aula, porraskäytävä tai jokin muu itsenäinen tila. Jos kaikki yritetään saada mukaan, niin tällöin voidaan aiheuttaa lisää kompleksisuutta ja samalla ongelmia. Ainoaksi mittariksi haastateltava mainitsee työtunnit työlajeittain tahtialueella.

6. YHTEENVETO

6.1 Tulokset ja pohdinta

Skanska Oy on Visio 2030-hankkeessa mukana parantamassa Suomen rakennusalan toimintaa. Hankkeen tässä vaiheessa keskityttiin tuotannon tehostamiseen ja laadittiin tutkimus tahtimenetelmien hyödyntämisestä Skanska Oy:n aikataulutuksessa ja sen kehittämisessä.

Kirjallisuustutkimuksesta tuloksena saatiin tietämystä aikataulutuksen historiasta ja nykytilasta. Rakennusalan tietämyksen hallinnan nykytilasta saatiin uusia näkökulmia ja erityisesti työntekijätason sekä yksittäisten osaajien tietotaitojen vähäinen hyödyntämisaste saatiin nostettua keskiöön. Kirjallisuustutkimuksessa perehdyttiin muilla teollisuudentoimialoilla ja Kaliforniassa sekä Etelä-Saksassa jo rakennusosalalla käytössä olevien Lean-filosofiaan perustuvien toimintatapojen hyödyntämiseen ja tämän avulla luotiin kohdeorganisaation sisäisiä haastatteluja varten kokonaiskuva näiden toimintatapojen hyödyntämisestä.

Sisäisten haastattelujen tulosten perusteella kohdeorganisaatiossa toivottiin yhtenäisiä toimintatapoja projektien ohjaamiseen ja erityisesti tukitoiminnoissa toimivien sidosryhmien tiedottamiseen sekä osallistamiseen. Tällä hetkellä yhteistyö oli kovin henkilöriippuvaista. Projektien ohjaamisessa erityisesti esiin nousivat yleis-, hankinta- ja suunnitteluaikataulun yhteensovittaminen sekä näiden suunnitelmien laatimiseen vaadittavien lähtötietojen puutteellisuus ja laatimiseen varattu vähäinen aika.

Projektin tuotantoaikataulun laadinnassa koettiin myös olevan vaihtelua. Aikatauluja tehtiin osittain mutu-tuntumaan ja karkeisiin arvioihin perustuvilla tiedoilla. Yhtenäinen vertailua kestävä aikataulutus läpi projektien oli kehitteillä, mutta ei vielä täysin käytössä. Yksinkertaisten projektien kohdalla luotettiin omaan kokemukseen eikä niinkään prosessorientoituneisiin toimintatapoihin. Projektit kyllä onnistuvat, mutta yhtenäisten toimintatapojen puuttuminen koettiin haasteeksi pitkällä aikajänteellä, varsinkin kun kohteet muuttuvat monimuotoisemmiksi ja haastavammiksi.

Projektilla olevien toimijoiden kuten aliurakoitsijoiden kanssa tehtävä yhteistyö ja ennakosuunnittelu nähtiin vielä vähäisenä. Syyksi mainittiin muun muassa luottamuksen puute, vaihtuvat tekijät ja sopimustekniikka. Tähän haluttiin saada muutosta.

Kirjallisuuden avulla koottua esitystä tahtimenetelmistä käytiin läpi haastateltavien kanssa. Haastatteluiden aikana esiin nousseita asioita olivat yhteistyön ja läpinäkyvyyden lisääminen. Innostus uusiin toimintatapoihin nousi erityisesti tukitoimintoihin kuuluvien

sidosryhmän jäsenten puolelta. Tuotannon edustajien kanssa kiinnostus nousi haastattelun edetessä, mutta alussa suurin osa haastateltavista oli hieman varautuneita. Jokainen haasteltava totesi, että kohdeorganisaatiolla olisi hyvät edellytykset ottaa tahtimenetelmät käyttöön, mutta korostivat sitä, että käyttöönoton tulisi olla maltillinen ja tarkkaan suunniteltu. Tahtimenetelmien tuoman tuotannonohjauksen prosessimaisuuden nähtiin tuovan parannusta erityisesti sidosryhmien väliseen tiedonvaihtoon.

Haastatteluiden lopputuloksena saatiin vahva tuki tahtimenetelmien pilotointiin kohdeorganisaatiossa. Pilottikohdetta mietittiin usean haastateltavan kanssa ja lopulta päädyttiin siihen, että kohteeksi sopisi joko kohdeorganisaation oma kohde tai suuremman kohteen jokin osakokonaisuus. Haastattelututkimuksen lopuksi kysyttiin vielä mitä haastateltavat haluaisivat, että tutkimuksessa otettaisiin huomioon ja mitä tulevan Kalifornian havainnointimatkan aikana pitäisi erityisesti selvittää. Havainnointimatkan suuntautuessa Yhdysvaltoihin otettiin tavoitteeksi Kalifornian malliin käytännössä tutustuminen ja selvitettiin haastattelututkimuksen aikana esiin nousseita kysymyksiä ja mahdollisia haasteita erityisesti Kalifornian malliin liittyen.

Havainnointimatkalta kerätyn tiedon ja materiaalin suuren määrän sekä tämän tutkimuksen rajausten vuoksi tuloksissa keskitytään vain niihin asioihin, joita haastattelututkimuksen perusteella lähdettiin selvittämään.

Haastattelututkimuksessa esiin nousivat seuraavat asiat:

- Päivittäisjohtaminen ja urakoitsijoiden sekä työntekijöiden sitouttaminen TTP:hen
- TTP-projektin muodostaminen ja eri sidosryhmien valinta sekä sitouttaminen
- Sopimusmallit ja urakkamuodot TTP:ssä
- Tilaajan ja pääurakoitsijan välinen läpinäkyvyys.

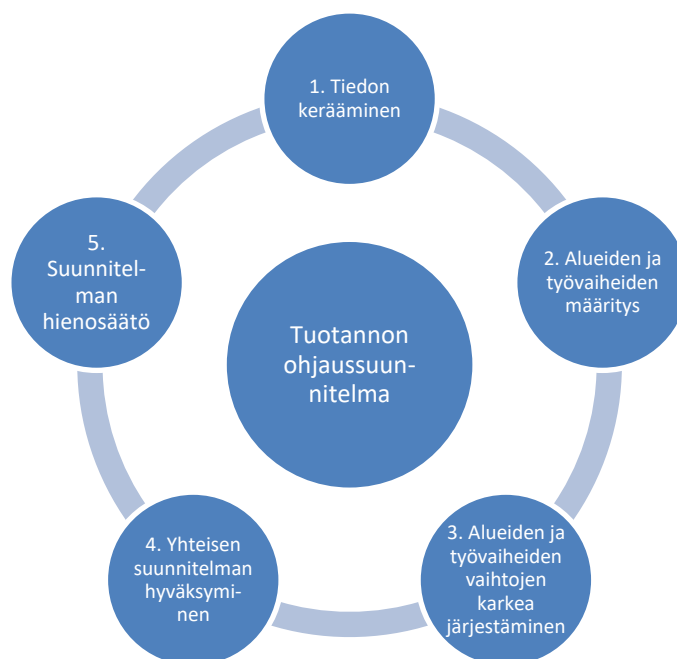
Päivittäisjohtamiseen panostettiin siten, että pääurakoitsijan työnjohtajilla oli selkeästi määritelty vastualueet, jotka koostuivat laajemmista funktionaalisista kokonaisuuksista. Näin oli havainnointityömaalla numero 1, jossa yksittäinen kerros oli aina suoraan työnjohtajan vastuualueena. Tällöin jokaisella työnjohtajalla oli vastuullaan kaikki mahdolliset työvaiheet, mitkä kerroksessa työskentelivät, jolloin vastuualueeksi muodostui kokonaisuus yksittäisten työvaiheiden sijasta. Urakoitsijoiden ja työntekijöiden sitouttamiseen oli keskitytty tarjouspyyntövaiheessa, jossa TTP:n vaatimukset ja siihen liittyvät asiat kerrottiin auki tarjoajille. Mikäli tarjoaja ei pystynyt sitoutumaan TTP:n ehtoihin niin tällaiset tarjoajat hylättiin automaattisesti jatkosta ja vain näihin toimintatapoihin sitoutuneet toimijat pääsivät jatkoon. Yhteistyökumppaniksi valitun urakoitsijan sekä myös pääurakoitsijan omia työntekijöitä oli vaihdettu myös toisille projekteille, mikäli he eivät olleet kykeneviä toimimaan TTP:n mukaisesti.

TTP-projekti muodostui DPR:llä kuten myös The Boldt Companyllä useimmissa projekteissa yhteisymmärryksessä tai jopa tilaajaorganisaation vaatimuksesta. Sidosryhmien

valinta tehtiin, kuten edellä mainittiin, kertomalla TTP:n asettamista vaatimuksista ja tämän sekä muiden valintaan vaikuttavien asioiden perusteella. Sitouttaminen hoidettiin usein IPD-mallin mukaisesti palkitsemalla toimijat siitä, että koko projekti hyötyy. Tämän vuoksi sopimusmalleina käytettiin usein IPD:tä tai KVR:sta tai näiden kahden välistä hybridiä, jossa sopimuksien avulla korostettiin yhteistyön roolia. Erona suomalaiseen Alianssi-malliin oli se, että aliurakoitsijat sitoutettiin suuremmalla yhteistyötä edistävällä taloudellisella ”porkkanalla” projektiin. Tilaajan ja pääurakoitsijan läpinäkyvyydestä puhuttaessa esiin nousi sen itsestäänselvyys sekä aliurakoitsijoiden mukaan ottaminen laajempien yhteistyösopimusten avulla, jotta läpinäkyvyys jatkuisi mahdollisimman monella tasolla.

Lopullisena tuloksena tutkimuksessa päädyttiin siihen, että kohdeorganisaatiolta löytyy tarvittavat valmiudet tahtimenetelmien hyödyntämiseen. Koska tutkimuksessa lopulta perehdyttiin erityisesti Kalifornian malliin, niin tulevassa pilottikohteessa tullaan hyödyntämään tähän malliin liittyviä toimintatapoja ja niiden perusteella luodaan kohdeorganisaation oma toimintamalli.

Lopullista toimintamallia luodessa huomioidaan kohdeorganisaation nykyiset prosessit ja erityisesti kaikkien toimijoiden välinen kollaboraatio, yhtenäisen prosessin luomiseksi. Pilottikohteen tuotannonohjauksen alustamista varten luotiin DPR:n Kalifornian malliin perustuva tuotannonohjaussuunnitelmapohja, joka otetaan käyttöön tulevassa pilottikohteessa vuoden 2019 alussa. Malli on nähtävillä kuvassa 9.



Kuva 9 Tuotannon ohjaussuunnitelma, mukaillen DPR (2018) mallista.

Kuvassa 9 oleva tuotannon ohjaussuunnitelma mukailee DPR:n käyttämää Kalifornian mallia tahtimenetelmistä. Tuotannonohjaussuunnitelma sisältää seuraavat vaiheet:

1. **Tiedon kerääminen:** Yhdistetään kyseiseen kohteeseen ja sen vaiheeseen liittyvien sidosryhmien tuottama tieto ja käytetään sitä prosessin seuraavissa vaiheissa.
2. **Alueiden ja työvaiheiden määrittäminen:** Nykyisten tietojen pohjalta laaditaan yhdessä kyseisen kohteen ja sen vaiheeseen liittyvien toimijoiden kanssa ne kaikki funktionaalisesti tai muulla tavalla toisistaan eroavat aluekokonaisuudet, jotka nähdään erillisinä kokonaisuuksina ja jaetaan ne tahtialueiksi. Tämän jälkeen määritetään jokaiselle tahtialueelle tulevat työvaiheet ja näiden töiden laajuudet sekä läpimenoajat.
3. **Alueiden ja työvaiheiden vaihtojen karkea järjestäminen:** Nykyisten tietojen pohjalta määritellään yhdessä kyseisen kohteen ja sen vaiheeseen liittyvien toimijoiden kanssa kokonaisuutta parhaalla mahdollisella tavalla tukeva tahtialueiden tekojärjestys. Näiden tietojen pohjalta määritetään kyseisten tahtialueiden työvaiheet ja järjestetään ne parhaaseen mahdolliseen järjestykseen, jotta tahtialue saataisiin sujuvasti tehtyä valmiiksi ja jotta työvaiheet saisivat työhönsä tavoiteltua virtausta.
4. **Yhteisen suunnitelman hyväksyminen:** Edellä saatujen tietojen pohjalta luodaan kaikkien kohteeseen ja sen vaiheeseen liittyvien toimijoiden kanssa kokonaisuutta kuvaava tahtiaikataulu. Tahtiaikataulua voidaan luoda muun muassa käännetyin vaiheikataulun avulla.
5. **Suunnitelman hienosäätö:** Yhteisen suunnitelman hyväksymisen jälkeen esiin nousevien asioiden, kuten suunnitelmamuutosten, hankintaan liittyvien haasteiden, toimijoihin liittyvine muutosten tai kohteeseen liittyvien muiden muutosten sattuessa prosessi pidetään iteroituvana.

Mallin käyttöönottoa varten tahtimenetelmiin liittyvä opetusmateriaali laaditaan osittain tämän diplomityön, kohdeorganisaation nykyisten prosessien ja Kaliforniasta saadun muun materiaalin avulla jälkikäteen.

6.2 Tutkimuskysymykseen vastaaminen

Työn tavoitteena oli selvittää voisiko tahtimenetelmien avulla lieventää rakennushankkeessa olevien sidosryhmien osaoptimoitujen prosessien sekä tiedon yksittäisille tahoille siiloutumisen tuomia haasteita. Tutkimuskysymyksenä oli:

Miten rakennusprojektin sisällä toimivien eri sidosryhmien tietotarpeet tulisi huomioida tahtimenetelmiä sovellettaessa rakennusprojektin aikana?

Rakennusprojektin sisällä toimivien sidosryhmien tietotarpeiden huomioon ottaminen vaatii selkeää yhtenäistä mallia, joka on kaikilla sidosryhmillä tiedossa. Pelkkä sidosryhmien tiedottaminen yhtenäisistä toimintatavoista ei riitä, vaan kaikki sidosryhmät tulee saattaa projektiin mukaan. Projektin aikataulutusta teoriaosuudessa läpikäytessä esiin

nousi epävarmuustekijöiden ja rajoitteiden tuomat haasteet. Näihin haasteisiin varauduttiin perinteisesti aikapuskureita lisäämällä eikä tahtimenetelmien mukaisesti lisäämällä tarkempaa ennakkosuunnittelua ja tiiviimpää yhteistyötä eri sidosryhmien välillä.

Sidosryhmien välistä riippuvuutta, sidosryhmäkentän hajanaisuutta ja tästä aiheutuvaa tiedon pirstaloitumista voidaan pohtia teoria- ja empiriaosuudessa löydettyjen tulosten pohjalta. Sidosryhmien väliseen riippuvuuteen ja näiden riippuvuuksien määrittämiseen on rakennuslalla käytössä erilaisia toimintatapoja kuten teoriassa ja empiriassa mainitut Big Room-toiminta ja BIM-mallit.

Esiin nousi myös rakennusliikkeiden omien toimintojen kasvattaminen ja ennen sidosryhmien kautta tehtyjen alihankintatöiden lisääminen omaan liiketoimintaportfolioon. Tästä oli esimerkkinä teoriaosuudessa Katerra Inc., joka tarjosi palveluita suunnittelusta kokonaisuuksien rakentamiseen. Empiriaosuudessa esimerkkinä olivat DPR:n LVIS-palveluita tarjoavat yhteistyökumppanit, joiden tarjontaan kuului suunnittelu, esivalmistus ja asennus. Molemmissa tapauksissa osapuolet korostavat tiedon ja tietämyksen hallinnan parantumista tiedon jalostuessa yrityksen itsensä sisällä, mikä on myös Nag & Gioia (2012) tekemän artikkelin tuloksena. Samaan johtopäätökseen tulivat haastattelututkimuksen aikana myös kohdeyrityksen edustajat, jotka korostivat yrityksen sisäisten sidosryhmien välistä yhteistyötä ja siitä saatavaa kilpailuetua.

Yhteistyön ja yhdessä sovittujen toimintatapojen korostaminen sekä sidosryhmien omien vahvuuksien hyödyntäminen ovat tärkeässä roolissa rakennusprojektin mahdollisimman mutkattomassa ja laadukkaassa läpiviennissä. Yhteistyön toteutumiseksi ja tämän myötä eri sidosryhmien tietotarpeiden tyydyttämiseksi haastattelututkimuksessa koettiin, että tahtimenetelmät olisivat nykyisiä toimintatapoja parempi vaihtoehto. Kaliforniassa tehtyjen haastatteluiden perusteella tultiin samaan lopputulokseen pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden toimesta. Kysyttäessä haastateltavilla tekisivätkö he rakennusprojekteja mieluummin tahtimenetelmillä vai perinteisellä tavalla, kaikki vastasivat, että tahtimenetelmien avulla.

Tietotarpeita ja niiden huomioon ottamista tahtimenetelmiä soveltamalla voidaan todeta, että Kalifornian mallia käytettäessä rakennusprojektille luodaan tuotannonohjaukseen prosessimaista otetta, mikä mahdollistaa yhteneväisten toimintatapojen muodostamisen kohdeyrityksen sisällä. Tuotannonohjauksen yhtenäistyessä ja projektin jakautuessa pienempiin ja selkeämpiin kokonaisuuksiin on projektiin liittyvien ulkoisten sidosryhmien mukaan ottaminen nykyistä helpompaa ja rutiininomaisempaa. Sisäisten ja ulkoisten sidosryhmien tiiviimpi mukana olo ja yhteistoimintaa tukevat toimintatavat luovat nykyistä paremman mahdollisuuden rakennushankkeen toteuttamiseen oikea aikaisilla tiedoilla.

6.3 Työn arviointi

Tutkimuksen perustuessa hermeneuttiseen tieteenkäsitykseen eli tutkittavan aihepiirin ymmärrykseen laadullisen tutkimusmateriaalin ja menetelmien avulla loivat itsessään rajoitteen, kun määrällinen tutkimusmateriaali päätettiin jättää tutkimuksen ulkopuolelle. Toisaalta määrällisen tutkimusmateriaalin kerääminen tutkittavasta asiasta olisi voinut vaillinaisen käsityksen ja ymmärryksen vuoksi johtaa vääristyneisiin tulkintoihin ja täten aiheuttaa haasteita uusien toimintatapojen jalkauttamisessa kohdeorganisaatioon.

Tutkimuksen riippumattomuutta ei myöskään voida taata, koska tutkija toimi laajan asiasyhteyden ympärillä yksin ja teki omat johtopäätöksensä aiheyhteyksistä. Tutkimuksen toistettavuus sellaisenaan on myös vaikeaa, koska tutkija on tukeutunut omaan subjektiiviseen osaamiseensa aihepiiristä sekä laadullista tutkimusmateriaalia kerättyäessä, että sitä tulkittaessa. Toistettavuutta vaikeuttaa myös erilliset tapaukset ja niiden tutkimiseen käytetty rajallinen aika tiettyinä projektin hetkinä. Tulosten todistettavuutta on kuitenkin pyritty parantamaan kolmen erilaisen tutkimusmenetelmän avulla, jossa kirjallisuuskatsauksella on luotu ymmärrys aiheesta, haastatteluiden avulla testattu uusien toimintatapojen vastaanottoa kohdeorganisaatiossa sekä lisätty ymmärrystä toimintatapojen käytöstä toisessa organisaatiossa. Havainnoinnilla on pyritty löytämään uusia näkökulmia aiheeseen. Näiden tulosten avulla vahvistettiin osaamista ja ymmärrystä aiheesta sekä sen käyttömahdollisuuksista.

Kirjallisuustutkimuksessa rakennusalan nykytilaa olisi voinut tarkastella laajemmin ja samalla myös paremmin Suomen rakennusalaan koskevan aineiston avulla. Myös sidosryhmien välistä riippuvuutta olisi voinut tarkastella laajemmin ottamalla muitakin edustajia mukaan sekä keskittymällä näihin tiettyihin ryhmiin syvällisemmin. Näiden kahden aihealueen osuus kirjallisuuskatsauksen osalta jäi muihin aihealueisiin verrattuna suppeammaksi, mikä osaltaan mahdollisesti vaikutti tutkimuksen jälkeisissä osissa tehtyihin olettuksiin ja johtopäätöksiin.

Haastattelututkimuksen kysymysrunгон ja tahtimenetelmien esityksen laatiminen pelkän kirjallisuustutkimuksen ja tutkijan omien kokemusten perusteella loi siitä vahvasti tuotanto-organisaation näkökulmaan istuvan. Tämän edellä mainitun sidosryhmien välisten riippuvuuksien suppean aineiston ja tuotantopainotteisen haastattelutuotannon vuoksi haastattelututkimuksesta saatujen tulosten yleistäminen kaikkien sidosryhmien tasolle on vaikeaa. Toisaalta tutkimuksen suunnittelussa ja rajauksissa on mainittu tutkimuksen korostamista rakentamisen tuotannonohjauksessa ja sen tehostamisessa.

Suomessa tutkitusta tapauksesta ja siinä tehdystä havainnoinnista saadut tulokset toimivat sinänsä hyvin, koska havainnoitu työmaa oli kohdeorganisaation oma kohde ja kohteessa käytetyt toimintatavat olivat suoraan verrattavissa Suomessa normaalistikin käytettyihin toimintatapoihin. Seuraavissa tapauksissa havainnoinnin ja haastatteluiden avulla tutkittu Kalifornian malli ja samalla uuden yrityksen Lean-pohjaiseen kulttuuriin tutustuminen

toivat yhdessä valtavan määrän uutta omaksuttavaa, mikä asetti haasteita tutkimuksen varsinaiseen aiheeseen keskittymisessä ennalta määriteltyjen rajausten vuoksi. Positiiviseksi haasteeksi lopulta osoittautui tutkimusmateriaalin valtava määrä. Materiaalia läpikäytäessä kuitenkin löydettiin vastaukset kysymyksiin, joihin havainnoinnista vastauksia lähdettiin etsimään.

Kaliforniassa kuten myös Suomessa rakennusala on tutkimuksen perusteella hyvin perinteinen ja helposti vanhoihin kaavoihin kangistuva toimiala, minkä vuoksi uusien toimintamallien eteenpäin vieminen on henkilö – ja varsinkin työmaatasolla vielä haastavaa. Tämän vuoksi uusien toimintatapojen käyttöönottoaminen ja jalkauttaminen tulee kohdeorganisaatiossa olemaan aikaa vievää ja haastavaa, mutta näiden tulosten ja nykyisen ymmärryksen puitteissa myös kannattavaa.

6.4 Jatkotutkimuskohteet

Jatkotutkimuksena ehdotetaan tahtimenetelmien kohdeorganisaatiossa hyödyntämisestä saatavien hyötyjen mittaamista ja vertaamista perinteisellä tavalla johdettuun kohteeseen. Kohdeorganisaatiota ohjeistetaan ottamaan menetelmiä käyttöön osissa tai kokonaisuutena esimerkiksi suurehkon hankkeen tietyn kokonaisuuden tuotannonohjauksessa. Tämän tutkimuksen tulosten myötä vahvistuneen perusosaamisen tahtimenetelmien käytöstä nähdään tukevan pilottikohteiden alkuun saattamista ja näiden hankkeiden eteenpäin saattamista koko prosessin läpi.

Jatkotutkimuksiksi ehdotetaan uusien mittaristojen kehittämistä tahtimenetelmien käytön validointiin ja näiden mittaristojen käyttöä pilottikohteissa. Uusien toimintatapojen ja nykyisten sekä kokeiluvaiheessa olevien digitaalisten työkalujen hyödyntäminen ja testaus tahtimenetelmien käytössä nähdään myös yhdeksi jatkotutkimuskohteeksi.

Kohdeyrityksen sisäisten sidosryhmien välistä toimintaa olisi mielenkiintoista tarkastella tahtimenetelmiä hyödyntävän ja perinteisesti johdetun hankkeen välillä. Varsinkin näiden sidosryhmien välisen kommunikoinnin ja tiedon vaihdannan roolia tulisi tutkia. Tutkimuksen avulla tulisi pyrkiä selvittämään olisiko tahtimenetelmien hyödyntämisestä apua yhteisten toimintatapojen standardoinnissa nykyisten henkilöriippuvaisten toimintatapojen sijasta.

Havainnoinnista saatua suurta määrää materiaalia ja uusia verkostoja tulisi myös hyödyntää kokonaisvaltaisemman yhteistoiminnan laajentamiseksi. Tämän vuoksi aihepiirin ympärille toivotaan jatkossa lisää tutkimuksia niin uusien diplomitöiden kuin myös muiden tutkimusten kautta. Toiveena onkin, että kohdeyritys pyrkisi hyödyntämään Visio 2030-hankkeesta saatua tutkimustietoa ja lisäksi yhteistyötä myös Tampereen Teknillisen Yliopiston kanssa.

LÄHTEET

- Aalto-yliopisto. (2017) Suomen rakennusallalle Visio 2030. Luettavissa: <http://www.aalto.fi/fi/current/news/2017-03-08-008/>. Viitattu: 9.5.2018
- Addis, M. (2016). Tacit and Explicit Knowledge in Construction Management. *Construction Management and Economics* 2016, Vol34, Informa UK Limited, Taylor and Francis Group pp. 439-455
- Aho, T. (2014). KVR-hankkeen projektikäsikirja. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. Rakennustekniikan laitos. 115 s.
- Akinci, B. Fischer, M. & Kunz, J. (2002). Automated Generation of Workspaces Required by Construction Activities. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*. 128 (4), 306-315.
- Alberto Felice, D.T., Fornasier, A. & Nonino, F. (2017). The Nature and Value of Knowledge. *Kybernetes*, Vol. 46(6), pp. 966-979.
- Atkinson, R., Flint, J., (2001). Accessing Hidden and Hard-to-Reach Populations: Snowball Research Strategies. *Soc. Res. Update* 33, 1–4.
- Ballard, G. & Howell, G. (1998). What Kind of Production Is Construction?. Group for Lean Construction. Guarujá. Brazil.
- Ballard, G. (1999). Work structuring. Las Vegas. Available: <http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/03/W005-Ballard-1999-Work-Structuring-Powerpoint-on-LCI-White-Paper-5.pdf>
- Berghede, K. (2018). Takt: The Rhythm of Construction. Lean Construction Congress 2018. The Boldt Company. Helsinki
- Best, E. & Weth, M. (2005). Geschäftsprozesse optimieren: der Praxisleitfaden für erfolgreiche Reorganisation . [Optimizing Business Processes: A Practical Guide for a Successful Re-Organization]. Gabler
- Binnering M., Dlouhy J. & Haghsheno S. (2017). Technical Takt Planning and Takt Control in Construction. Referenced: 8.8.2018. Available: <https://doi.org/10.24928/2017/0297>
- Bulhões, I., Picchi, F. & Granja, A. (2005). Combining Value Stream and Process Levels Analysis for Continuous Flow Implementation in Construction. *Proceedings (IGLC 13)*. Sydney, Australia. 99-107.

Dlouhy, J., Binniger, M., Oprach, S. & Haghsheno, S. (2016). Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – A New Approach for Designing Production System in Construction. Boston, MA, USA, sect 2. pp. 13-22

Dlouhy, J. (2018). Lean Construction Congress 2018. KEYNOTE 3: Taktplanning and Taktcontrol – From Fast Track to Large Scale Projects. Helsinki 15.5.2018.

Diekmann, J.E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T., & Won, S. (2004). Application of Lean Manufacturing Principles to Construction (CII Report 191). Austin, TX: The University of Texas, Austin.

DPR Construction Inc. (2018) DPR Construction Incorporation. Who We Are. Referenced: 24.10.2018. Available: <https://www.dpr.com/company>

Druker, J. & White, G. (1996). Managing People in Construction. Institute for Personnel and Development. London.

Edwards, P. (2015). Corruption in Quebec construction industry ‘far more widespread’ than originally believed, report says. The Star. Referenced: 2.11.2018. Available: <https://www.thestar.com/news/canada/2015/11/24/quebec-probe-into-construction-corruption-coming-out-today.html>

Egan, J. (1998). Rethinking Construction: The Report of The Construction Task Force. London. Department of Environment, Transport and the Regions.

Egbu, C. (2004). Managing Knowledge and Intellectual Capital for Improved Organizational Innovations in the Construction Industry: An Examination of Critical Success Factors. Engineering, Construction and Architectural Management, 11(5), pp. 301–15.

Egge, J. H., & Nilsen, P. M. (2016). 23.000 trær blir til 632 studenthybler. Available: <http://www.nrk.no/trondelag/dette-blir-europas-storste-massivtreprosjekt-1.12876664>

Eisenhower, D. D. (1957). Remarks at the National Defense Executive Reserve Conference. National Defense Executive Reserve Conference. Washington, DC.

Engeström, Y. (1987). Learning by Expanding: an Activity-Theoretical Approach to Developmental Research. Helsinki. Orienta-Konsultit.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino

Fira Group Oy. (2018). Fira Modules. Viitattu: 13.11.2018. Luettavissa: <https://www.fira.fi/modules/>

Frandsen, A.G, Berghede, K., & Tommelein, I.D (2013). Takt-time Planning for Construction of Exterior Cladding. Proceedings (IGLC 21). Fortaleza, Brazil.

Frandsen, A.G, Berghede, K., & Tommelein, I.D (2014). Takt-Time Planning and the Last Planner. Proceedings (IGLC 21). Oslo, Norway.

Frandsen, A.G & Tommelein, I.D. (2014). Automatic Generation of a Daily Space Schedule. Proceedings (IGLC-22). Oslo, Norway

Frandsen, A.G., Seppänen, O., & Tommelein, I.D. (2015). Comparison Between Location Based Management and Takt Time Planning. Proceedings (IGLC 23). Perth, Australia, pp. 3-12

Frandsen, A.G & Tommelein, I.D., (2016). Takt Time Planning of Interiors on a Pre-cast Hospital Project. Proceedings (IGLC 24). Boston, MA, USA, sect.6 pp. 143–152.

Green, S.D. & May, S.C. (2005). Lean Construction: Arenas of Enactment, Models of Diffusion and the Meaning of ‘Leanness’. Building Research & Information, 33(6), 498–511.

Grönfors, M. 1982. Kvalitatiiviset kenttätömenetelmät. Juva: WSOY

Hackert, W. (1973). Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie [General Work and Engineering Psychology]. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1973, 92-101.

Hamzeh, F. R., Ballard, G. & Tommelein, I. D. (2008). Improving Construction Work Flow – The Connective Role of Lookahead Planning. (IGLC 16) Proceedings. Manchester, UK, 635-646.

Hasgsheno, S. Binniger, M. Dlouhy, J. & Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. (IGLC 24) Proceedings. Boston, MA, USA, sect.1 pp. 53–62.

Hopp, W.J. & Spearman, M.L. (2008). Shop Floor Control. Factory Physics, Waveland Press, Long Grove, IL, p. 495.

Howell, G. Laufer, A. & Ballard, G. (1993). Interaction Between Subcycles: One Key to Improved Methods. ASCE Journal of Construction Engineering and Management. 119 (4), 714-728.

Juntunen, J. (2016). Big Room suunnittelun ohjauksen työkaluna. Diplomityö. Tampereen Teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Jørgensen, B. & Emmitt, S. (2008). Lost In Transition: The Transfer of Lean Manufacturing to Construction Engineering, Construction and Architectural Management, 15(4), 383–398.

Kalsaas, B. T., Skaar, J., & Thorstensen, R. T. (2009). Implementation of Last Planner at a Medium-Sized Construction Site. In E. Hirota & Y. Cuperus (Eds.). (IGLC 16) Proceedings. Taipei: National Pingtung University of Science and Technology. (pp. 15-29)

Kalsaas, B. T., Skaar, J. & Thorstensen, R. T. (2010). System og resultater fra utprøving av planleggingsmetoden "Last Planner" (Lean Construction) på Havlimyra oppvekstsenter i Kristiansand kommune. Byggkostprogrammet, University of Agder and Skanska Region Agder, Grimstad.

Kalsaas, B. T. Grindheim, I. & Laeknes, N. (2014). Integrated Planning vs. Last Planner System. Proceedings IGLC-22, Oslo, Norway

Kankainen, J. & Sandvik, T. (1993). Rakennushankkeen ohjaus. Rakennustieto Oy, Helsinki, Finland

Karhu, M. (2013). Rakennussuunnittelun ohjauksen kehittäminen talonrakennusyrityksen kannalta. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.

Kasanen, E., Lukka, K. & Siitonen, A. (1993). The Constructive Approach in Management Accounting Research. Journal of Management Accounting Research. pp. 243-264.

Katerra. (2018). Our Vision. Referenced: 13.11.2018. Available: <https://katerra.com/en/about-katerra/the-vision.html>

Kauppalehti. (2012). Järjestäytynyt rikollisuus iskee rakennusbisnekseen. Viitattu: 2.11.2018. Luettavissa: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/jarjestaytynyt-rikollisuus-iskee-rakennusbisnekseen/d7c2f2de-1240-3f8c-9e4c-25347346d424>

Kauppila, A. (2014). Prosessilähtöisen rakennusliikkeen tuotannon johtamis- ja toimintamallin kehittäminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Teollisuustalouden laitos.

Kenley, R. (2005) Dispelling the Complexity Myth: Founding Lean Construction on Location-based Planning. (IGLC 13) Proceedings. Sydney, Australia

Kivistö, T. (2018). Nyt on aika vakuuttaa tulevaisuuden tekijät rakennusalan mahdollisuuksista. Rakennuslehti. Viitattu: 17.9.2018. Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/nyt-on-aika-vakuuttaa-tulevaisuuden-tekijat-rakennusalan-mahdollisuuksista/>

Kiiras, J. (1989) OPAS ja TURVA, Erityiskohteiden työaikaista ohjausta palveleva aikataulu- ja resurssisuunnittelu. Helsinki University of Technology Construction Economics and Management Publications. Espoo, Finland.

Khanzode, A. (2017). Making the Big Room Better, Using Information Flows to Show Who Matters When and Making Collaboration More Efficient. Referenced 3.7.2018. Available: <https://www.dpr.com/view/making-big-room-better>.

Koskenvesa, S. & Sahlstedt, S. (2017) Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennusteollisuus ry. Mittaviiva Oy

Korpiluoma, O. (2018). Big Room -Työskentely ja sen kehittäminen rakennusalan yrityksessä. Diplomityö. LUT School of Engineering Science. Tuotantotalouden koulutusohjelma.

Koskela, L. & Howell, G. (2002). The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods. (IGLC-10) Proceedings. Gramado, Brasil.

Krafcik, J.F. (1988). Triumph of the Lean Production System. Sloan Management Review, 30(1), 41–52.

Laihonen, H, Hannula, M, Helander, N, Ilvonen, I, Jussila, J, Kukko, M, Kärkkäinen, H, Lönnqvist, A, Myllärniemi, J, Pekkola, S, Virtanen, P, Vuori, V & Yliniemi, T (2013). Tietojohdaminen. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietojohdamisen tutkimuskeskus Novi, Tampere

Lean Construction Institute. (2015). The Mindset of an Effective Big Room. Referenced: 3.7.2018. Available: https://leanconstruction.org/media/learning_laboratory/Big_Room/Big_Room.pdf.

Lean Construction Institute, LCI (2017). What is Lean Design and Construction – History. Available: <https://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-design-construction/history/>

Liker, J.K. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw-Hill.

Linnik, M., Berghede, K. & Ballard, G. (2013) An Experiment in Takt Time Planning Applied to Non-Repetitive Work. (IGLC-21) Proceedings. Fortaleza, Brazil

Marti, P., Monsch, O. & Laffranchi, M. (2001). Schweizer Eisenbahnbrücken (Swiss train bridges). Hochschulverlag AG, Zürich

Mingers, J. (2008) Management Knowledge and Knowledge Management: Realism and Forms of Truth. Knowledge Management Research & Practice, 6(1), 62–76.

Mordal, P. (2014). The Benefits of Takt Time Planning - Case Study Horneberg B3. Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering.

Morris, T. & Lancaster, Z. (2006). Translating Management Ideas. *Organization Studies*, 27(2), 207–233.

Mossman, A. (2009). Why isn't The UK Construction Industry Going Lean with Gusto? *Lean Construction Journal*, 5(1), 24–36.

Mossman, A. (2012). Last Planner: Collaborative Conversations for Predictable Design and Construction Delivery.

Mölsä, S. (2016). Rakentaja on ollut aina vuoristoradalla – rahamarkkinoiden, muuttoliikkeen ja finanssipolitiikan heiteltävänä. *Rakennuslehti*. Viitattu: 17.9.2018. Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2016/05/rakentaja-on-ollut-aina-vuoristoradalla-rahamarkkinoiden-muuttoliikkeen-ja-fianssipolitiikan-heiteltavana/>

Nag, R. & Gioia, D.A. (2012). From Common to Uncommon Knowledge: Foundations of Firm-Specific Use of Knowledge as a Resource, *Academy of Management Journal*, Vol. 55(2), pp. 421-457.

Olkkonen, T. (1994). Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Espoo. Teknillinen korkeakoulu. 143 s.

Pitkäranta, A. (2010). Laadullisen tutkimuksen tekijälle - työkirja. Satakunnan AMK. s.168.

Project Production System Laboratory (P2SL). (2018). Available: <http://p2sl.berkeley.edu/>

Rakennusinsinöörien liitto ry. RIL. (2018). Lean Construction Congress 2018. Available: <https://www.ril.fi/en/events/lci18.html>

Rakennuslehti. (2016). Rakennusalan ja rakentamisen puoli vuosisataa. Viitattu: 17.9.2018. Luettavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2016/05/rakennuslehden-ja-rakentamisen-puoli-vuosisataa-videolla-kokkila-pajakkala-ja-isotalo-kommentoivat/>

Rakennustieto RT ry. (2018). Tilastot ja suhdanteet. Viitattu: 5.9.2018. Luettavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet/>.

Rittel, H.W. & Weber, M.M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Science*, 4, 155-169.

Rullani, E. (2004). *Economia della conoscenza. Creatività e valore nel capitalismo delle reti*, Carocci, Roma.

Russell, M.M., Howell, G., Hsiang, S.M., & Liu, M. (2013). Application of Time Buffers to Construction Project Task Durations. *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*.

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). Research methods for business students. 5th ed. Harlow: Prentice Hall

Seppänen, O. (2009). Empirical Research on the Success of Production Control in Building Construction Projects. Helsinki University of Technology TKK Department of Structural Engineering and Building Technology. HSE Print Oy. Helsinki

Seppänen, O. (2014). A Comparison of Takt Time and LBMS Planning Methods. Proceedings (IGLC 21). Oslo, Norway

Sheehan, T., Poole, D., Lyttle, I. & Egbu, C. (2005). Strategies and Business Case for Knowledge Management, in Anumba.

Skanska Oy. (2017). Historia. Luettavissa: <https://www.skanska.fi/tietoa-skanska/skanska-suomessa/historia/> Viitattu: 13.6.2018

Skanska Oy. (2018) Skanska lyhyesti. Luettavissa: <https://www.skanska.fi/tietoa-skanska/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/> Viitattu: 9.5.2018

Smiseth, S. (2013). Takt Planning: A Good Method to Carry Out the Production in Construction Projects? Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering.

The New York Times. (1988). MOB ROLE IN NEW YORK CONSTRUCTION DEPICTED. Referenced: 2.11.2018. Available: <https://www.nytimes.com/1988/04/30/nyregion/mob-role-in-new-york-construction-depicted.html>

Tilastokeskus. (2016). 002- Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain 1976-2016 Luettavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__kan__ttut/statfin_ttut_pxt_002.px/?rxid=24bb1829-6770-4ed7-8a2d-f0448fb3587. Viitattu: 13.6.2018

Tsao, C.C.Y., Tommelein, I.D., Swanlund, E. & Howell, G.A. (2004). Work Structuring to Achieve Integrated Product-Process Design. ASCE, Journal of Construction Engineering Management. 130 (6), pp.780-789.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 5., uud. laitos. Helsinki: Tammi.

Universum Communications Sweden AB. (2018). Finland's Most Attractive Employers – Trends and Rankings. Referenced: 20.8.2018. Available: <https://universumglobal.com/rankings/finland/>

Erik Vatne, Mats & Drevland, Frode. (2016). Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study. Proceedings (IGLC 24). Boston, MA, USA

Willis, C. & Friedman, D. (1998). Building the Empire State Building, W.W. Norton and Company, New York.

Womack, J.P. Jones, D.T. & Roos, D. (1990). The Machine That Changed the World. New York: Rawson Associates.

Womack, J. (2004). Walking Through Lean History. Referenced: 30.5.2018. Available: <http://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?o=727>

Xue, X., Wang, Y., Shen, Q. & Yu, X. (2007). Coordination Mechanisms for Construction Supply Chain Management in the Internet Environment. International Journal of Project Management. Vol. 25, nro. 2, s. 150-157.

Yin, R. (2003). Case Study Research - Design and Methods. SAGE Publications, London. 3. painos. 181 s.

Yli-Villamo, H. & Petäjäniemi, P. (2013). Allianssimalli. Rakentajan kalenteri. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL Oy.

Tahtimenetelmät pähkinäkuoressa

Pekka Kujansuu
Diplomityöntekijä

Tahtisuunnitelman vaatimukset

- Määritä yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa:
 - **Työvaiheiden kestot** (Kauanko yksittäisen työvaiheen tekeminen kestää, kenellä tarkin tieto → **tekijällä**)
 - **Vaihtojen järjestys** (mikä työvaihe seuraa mitäkin työvaihetta)
 - **Tahtialueet** (esim 1 huoneisto, lohko yms)
 - **Tahtiaika** (määritetty aika, jonka tahtiin työvaiheet tehdään -> perustuu pisimpään kestävä työvaiheen läpimenoon)
 - Lyhyempiä työvaiheita voidaan niputtaa jos mahdollista
- Tasapainota työvaiheet
 - tasapainotus tehdään säätämällä työvaiheen sisältöä ja resursseja, lopullisessa mallissa työvaiheiden tulisi olla mahdollisimman hyvässä tasapainossa

Tahtiaikataulu esimerkki

Asunto	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	yht	30 tv
A1	Kipsi	Tate	Levy + S	Tasoitus	Maal. + V	Laatoitus	Sauna + A	K, VH, par	Parkettili	Ovet + Iis	Varusteet								
A2		Kipsi	Tate	Levy + S	Tasoitus	Maal. + V	Laatoitus	Sauna + A	K, VH, par	Parkettili	Ovet + Iis	Varusteet							
A3			Kipsi	Tate	Levy + S	Tasoitus	Maal. + V	Laatoitus	Sauna + A	K, VH, par	Parkettili	Ovet + Iis	Varusteet						
A4				Kipsi	Tate	Levy + S	Tasoitus	Maal. + V	Laatoitus	Sauna + A	K, VH, par	Parkettili	Ovet + Iis	Varusteet					
A5 ja porrashuone					Kipsi	Tate	Levy + S	Tasoitus	Maal. + V	Laatoitus	Sauna + A	K, VH, par	Pinta-latt	Ovet + Iis	Varusteet				
Kipsi =	Kipsivalun esivalmistelu + itse valu																		
Levy + S =	Runko + toinen levy + sähköst seinään																		
Tate =	IV / putki muuta?																		
Maal. + V	Pinta- ja pohjamaalaus + vedeneristys																		
Sauna + A	Saunan panelointi + ph katon panelointi + lauteet																		
K, VH, par.	Keittö + tasot + vaatekaapit + välitila + parveke																		
Alkuperäinen = 23 vk = 115 tv																			
<div>1 kerros</div> <div><div>LEVYVÄLISEINÄT</div><div>KIPSILATTIAT</div><div>TASOITE-JAMAAL</div><div>SAUNAT</div><div>LAATOITUS</div><div>KEITTIÖKALUSTEE</div><div>PARKETILATTIAT</div><div>OVET JA LISTOITUS</div><div>KONEET JA VARUSTEET</div><div>MIHET-KALUSTEE</div><div>PORRASHUONE</div><div>ASUKASTARKAST</div></div>																			

45 * 2 tv = 90 tv / 20 tv/kuu = 4,5 vk

Kipsi: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Tate: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Levy + S: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Tasoitus: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Maal. + V: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Laatoitus: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Sauna + A: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

K, VH, par: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Parkettili: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Ovet + Iis: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

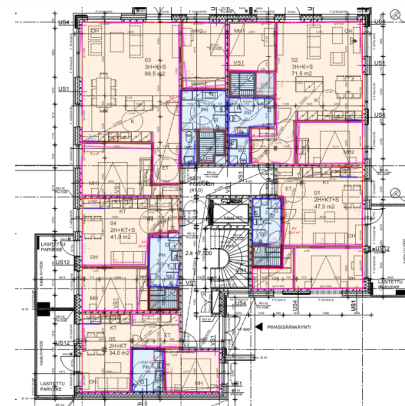
Varusteet: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Pinta-latt: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Ovet + Iis: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Varusteet: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk

Keittö + tasot + vaatekaapit + välitila + parveke: 10000 kpl / 2000 kpl/vk = 5 vk



Lähde: Antti Talo

Tahtikontrolli

- Päivittäiset 10-15 min tapaamiset ja tilannekatsaus
 - Nokkamiehet mukana
- Jatkuva seuranta
- Tulevien työvaiheiden ennakkosuunnittelu
- Logistiikan seuranta
- Viikoittaiset palaverit
 - Missä mennään?
 - Saavutetaanko tavoitteet?
 - Jos ei miksi ei?
- Käydään läpi mitä ensi viikolla tehdään

Etuja

- Ongelmiin varaudutaan hyvissä ajoin (tiedetään oikeasti mitä seuraavaksi tehdään)
 - Töiden johtaminen vähenee ja ennakkosuunnitteluun jää aikaa
- Laadunvarmistusta tehdään tahdin mukaan
 - Seuraava työryhmä ottaa edellisen työn vastaan -> opitaan virheistä
- Läpinäkyvyys
 - Kaikki osapuolet tietävät mitä missäkin tehdään
 - Kokonaisuuden hallinta helpottuu
- Laajempi ja tarkempi kokonaiskuva työvaiheiden limittymisestä
 - Mahdollisuus vaikuttaa suunnitteluun etukäteen

Haasteita

- Uudet tavat toimia
 - Miten sitouttaa oma työnjohto?
 - Miten sitouttaa aliurakoitsijat?
 - Sopimustekniikka yms
 - Entä suunnittelu ja hankinta?
- Häiriöherkkyys
 - Tahdistetun työn tulee aina olla 10-20% nopeammin tehtävissä kuin itse tahti määrää
 - Logistiikan haasteet, JIT (täsmätoimitukset)
- Kosteudenhallinta ja kuivumisajat
- Töiden rytmitys
 - Kaikkien osapuolten on oltava mukana tahdistuksen suunnittelussa hyvissä ajoin

Perusperiaatteet

- Tahdistetaan työvaiheet
 - Käydään kaikkien urakoitsijoiden kanssa tarkasti läpi mitä työvaiheita tahdistettavassa kuten runko –tai sisävaiheessa olisi.
 - Määritellään tahtialueet (kerros, asunto, lohko) kohteesta riippuen
 - Tunnistetaan pullonkaulana oleva työvaihe kaikkien osapuolien kanssa
 - Määritellään tahtiaika
 - Määritetyn tahtialueen pullonkaulana olevan työvaiheen suoritus
 - Esim kylpyhuoneen laatoitus huoneisto A kestää 2 päivää -> tahtiajaksi muodostuu 2 päivää ja tahtialueeksi huoneisto.
 - Muut työvaiheet resursoidaan tälle tahdille